



Inférence(s) des documents d'urbanisme sur le territoire : Modélisation multicritère et évaluation durable. Application à la ville de Toulouse

Aurélie Prévost

► To cite this version:

Aurélie Prévost. Inférence(s) des documents d'urbanisme sur le territoire : Modélisation multicritère et évaluation durable. Application à la ville de Toulouse. Architecture, aménagement de l'espace. Université de technologie de Compiègne, 2013. Français. NNT : . tel-01179367

HAL Id: tel-01179367

<https://hal.science/tel-01179367>

Submitted on 22 Jul 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE COMPIÈGNE

THÈSE

Présentée pour l'obtention du grade de
Docteur de l'Université de Technologie de Compiègne

Spécialité : Systèmes urbains

Par

Aurélie PRÉVOST

Inférence(s) des documents d'urbanisme sur le territoire : Modélisation multicritère et évaluation durable. Application à la ville de Toulouse.

Soutenue le 3 octobre 2013

devant le jury composé de :

- | | |
|-----------------------------|--|
| - Mme DUBOIS-MAURY Jocelyne | Professeur des Universités, Institut Français d'Urbanisme, Paris-Est Créteil |
| - M. DUMOLARD Pierre | Professeur honoraire, Université Pierre Mendès France, Grenoble |
| - M. ROY Bernard | Professeur émérite, LAMSADE, Paris |
| - M. SEITZ Frédéric | Professeur des Universités, COSTECH, UTC |
| - M. BANDET Jean | Responsable PLU, Service Règlementation Urbaine DPU, Toulouse |
| - Mme MOLINES Nathalie | Maître de Conférences, AVENUES-GSU, UTC |

Resumé

La planification urbaine regroupe les moyens institutionnels mis en œuvre pour gérer les évolutions urbaines. Au cours du temps, les documents de planification urbaine français ont vu leurs objectifs évoluer en vue d'une gestion plus maîtrisée des espaces urbanisés (lois SRU et Grenelle). Aussi, la question de la protection de l'environnement et des espaces a été renforcée par la législation européenne qui a obligé certains documents d'urbanisme à intégrer une évaluation environnementale (en 2001 pour l'Europe, applicable en France en 2005).

Cette thèse propose une démarche d'évaluation complémentaire aux systèmes d'indicateurs des évaluations des Plans Locaux d'Urbanisme et plus largement de questionner l'impact des PLU sur le territoire urbanisé. En effet, les indicateurs des évaluations des PLU semblent renseigner plus sur les performances durables des villes que sur la qualité du dispositif d'urbanisme réglementaire.

La démarche proposée se base sur la création d'un corpus d'indicateurs devant montrer les effets du PLU par rapport à des « critères » qui sont du ressort de l'urbanisme réglementaire (zonage, contraintes formelles du bâti et d'aménagement de la parcelle, équipements publics et aménités urbaines) et de « l'urbanisme durable » (au sens des lois SRU et Grenelle). Enfin, l'agrégation des indicateurs par analyses multicritères et statistiques permettront aux rédacteurs des PLU de disposer d'un outil de compréhension des règles complexes ainsi que d'un outil d'aide à la décision, en vue de faciliter les choix d'évolution du zonage et des règlements. La démarche est appliquée au PLU de Toulouse.

Mots clés

urbanisme réglementaire, évaluation, Plan Local d'Urbanisme, analyse des effets, indicateurs, densité bâtie, espaces non-bâtis, aménités urbaines, aide à la décision, Toulouse

Title

The impact(s) of local plans on cities: multi-criteria modeling and sustainable assessment. Application on the case of the city of Toulouse (France).

Abstract

Urban planning includes the institutional means used to control urban development. Over the years, the French urban plans saw their goals modified towards a more controlled urban space management (SRU and Grenelle laws).

Besides, environmental and spatial protection issues were reinforced by European legislation, which made the environmental assessment compulsory for some plans (in 2001 for Europe, applied in France in 2005).

This PhD research aims to propose a complementary assessment approach to the current indicators contained in the local plan's assessments, and, more broadly, to question the impacts of the local plans on urban areas. In fact, the local plan indicators seem to be more adapted for a city sustainability performance analysis than for an analysis of the quality of the regulations contained in the plans.

This approach starts with the creation of a set of indicators, which are expected to show the effects of the local plan, focusing on "regulatory planning criteria" (zoning, constraints for a building shape and parcel layout, public facilities and amenities) and "sustainable planning" (based on the SRU and Grenelle laws definitions). Finally, the aggregation of the indicators, by the use of multicriteria and statistical analysis, will supply regulatory planners not only with a tool for better understanding of the complex regulations but also a decision aiding tool, whose purpose is to facilitate the choices planners have to make for the evolution of the zoning and the regulation. The local plan of the city of Toulouse will be used as a case study to show the application of the approach.

Keywords

regulatory planning, assessment, local plan, effects analysis, indicators, built density, unbuilt spaces, urban amenities, decision-making aid, Toulouse

Remerciements

Je tiens à exprimer d'abord mes remerciements aux membres du jury, qui ont accepté d'évaluer mon travail de thèse, et me font l'honneur d'assister à ma soutenance.

Cette thèse a été réalisée au Service de la Règlementation Urbaine de la Mairie de Toulouse puis de Toulouse Métropole, ainsi qu'au laboratoire AVENUES-GSU de l'UTC.

Je tiens à remercier sincèrement Isabelle Dabbadie et Francis Escalès, qui au sein de la Mairie de Toulouse, ont été à l'initiative de ce projet. Je remercie aussi Jean Bandet, responsable du PLU de Toulouse, pour sa collaboration et son suivi, tout au long du développement de ces recherches, mais aussi pour l'intérêt qu'il a porté au sujet. Merci aussi à Marc Vignères et Antoine Verdier.

Je remercie aussi particulièrement ma directrice de thèse, Nathalie Molines, pour la qualité de son encadrement et la confiance qu'elle a pu m'accorder. Au-delà du travail de thèse, je la remercie sincèrement pour ses qualités humaines, son implication et son soutien.

Je remercie aussi les personnes qui m'ont aidée dans le cadre de ce travail : Merci à Mindjid Maizia (Université de Tours) pour l'ensemble de ses conseils, notamment en ce qui concerne le traitement des données. Merci à Benjamin Quost (laboratoire HEUDIASYC de l'UTC), François-Gilles Carpentier (Université de Bretagne Occidentale) et Nassima Mouhous-Voyneau (AVENUES-GSU) pour leurs conseils et leur expertise en matière de statistiques. Merci aussi à Philippe Dehan (AVENUES-GSU) pour ses conseils et précisions apportées, concernant l'urbanisme et d'aménagement. Merci encore à Jean Bandet, Françoise Pelenc et Corinne Denys de Toulouse Métropole pour leur aide en matière d'urbanisme réglementaire. Merci aussi aux étudiants du département GSU, plus particulièrement aux étudiants d'UR02 pour leurs analyses de plans d'urbanisme ainsi qu'aux étudiants de la TX, Alexis David et Philippe Riboust qui ont été impliqués, à leur manière, dans cette thèse.

Je remercie aussi les membres du laboratoire AVENUES-GSU de m'avoir offert les conditions me permettant d'aller au bout de cette thèse, d'abord en tant que doctorante puis ATER. Merci tout particulièrement à Jean-Louis Batoz. Merci aussi à Laurence-Monnoyer Smith du laboratoire COSTECH.

Je remercie aussi tous les collègues de la réglementation urbaine du Grand Toulouse, merci d'avoir accueilli la nordiste que je suis d'une aussi belle façon, et pour tous les souvenirs que ces quelques années vont laisser : merci à Françoise, Isabelle, Corinne, Philippe, Anne, Lise, Mariette, Elisabeth Rougé, Marie-Hélène, Cécile, Jean, Virginie, Romain, Fabienne, Delphine, Eric, Elisabeth Depaix, Danièle, Anne-Cécile, Nelly, Stéphanie, José, Laurent, Magalie. Un grand merci aussi aux collègues d'AVENUES-GSU : Diana, Issam, Xiao et Bao, Nadia et Walid. Mille mercis aussi à Josiane et Janine, pour votre aide bien sûr, et votre amitié.

Je remercie aussi mes parents, grands-parents et ma sœur Aurore de m'avoir bien souvent remonté le moral et remotivée... (C'est promis, cette fois-ci, j'arrête vraiment de me plaindre !).

Un merci tout particulier à mes parents pour les longues soirées passées à la correction orthographique de ce travail.

Merci aussi à mes amis de toujours, Vincent et De Lune.

Enfin, mes remerciements les plus personnels te reviennent Aleks, pour ton soutien, ta confiance et ta présence à mes côtés.

Sommaire

Sommaire	7
Introduction générale	11
Partie 1 : La planification urbaine et son application à l'échelle communale en France : évolutions vers le système actuel et prise en compte du développement durable	15
Chapitre 1 : Effets des politiques publiques et de la planification urbaine sur l'évolution des villes Françaises	16
1. Un siècle de planification urbaine des villes, mais un développement urbain inégalement maîtrisé	16
1.1 Les évolutions de la planification urbaine en France	16
1.2 Les évolutions sociétales et les choix politiques sont à l'origine de la forme de nos villes	18
2. La montée en puissance du développement durable et son impact sur les pratiques de l'urbanisme, la conduite des politiques publiques et ses outils	25
2.1 L'émergence d'un nouveau concept ?	25
2.2 Des évolutions des législations en matière d'urbanisme, d'environnement et de développement durable	26
2.3 La recherche en urbanisme pour faire des villes viables : évolution des pratiques, des acteurs... pour faire évoluer les politiques publiques	29
2.4 Aujourd'hui : Tenter plutôt que faire la ville durable	34
Conclusion : société, politiques publiques et planification urbaine : Vers les enjeux et outils de planification actuels	39
Chapitre 2 : Le système de planification urbaine français actuel pour gérer les évolutions des villes	40
1. Présentation du système : articulation des outils de planification urbaine et spatiale, du spatial au local	40
1.1 Objectifs de la planification spatiale et urbaine	40
1.2 Le système de planification urbaine et ses différentes échelles	41
1.3 Enjeux consensuels de la planification spatiale et urbaine	43
2. La planification urbaine à l'échelle locale	48
2.1 Contenu du PLU	48
2.2 Les difficultés de la mise en œuvre locale	56
2.3 « Les PLU et le développement durable » : le PLU est une boîte à outils, à coordonner avec d'autres politiques publiques	63
Conclusion du chapitre 2	70
PARTIE 2 : L'évaluation en planification : pratiques internationales, européennes et le cas des PLU français	71
Chapitre 1. L'évaluation des politiques publiques et de la planification urbaine	71
1. L'évaluation de la durabilité des politiques publiques : définition et problématique(s)	71
2. Évaluation en urbanisme et en planification urbaine : évolution des pratiques et des méthodes internationales jusqu'à aujourd'hui	74
3. Zoom sur deux méthodes et outils courants d'évaluation de l'aménagement et de la planification territoriale et urbaine	77
3.1 L'Évaluation environnementale stratégique	77
3.2 Les indicateurs du développement durable	78
Chapitre 2. L'évaluation des PLU : lois, objectifs, analyse des pratiques	85
1. Le dispositif européen : l'évaluation stratégique des incidences sur l'environnement de certains « plans et programmes » - Directive 2001/42/CE	85
2. Les évaluations des SCOT et PLU « de droit commun », et l'évaluation environnementale au titre de la directive 2001/42/CE	87
2.1 Champ d'application de la directive plans et programmes en France	87

2.2 Contenu des évaluations	88
2.3 Analyse du dispositif de suivi des PLU exigé par l'évaluation environnementale : avantages et limites	94
Conclusion du chapitre 2	96
Chapitre 3. Une évaluation environnementale des PLU, mais quelle évaluation réelle de l'effet de leurs règles ? Vers une évaluation des règlements complémentaire	97
1. Une évaluation de l'impact des PLU sur l'environnement nécessaire, mais un dispositif de suivi peu en lien avec la règle et le zonage	97
2. Un manque de connaissance de l'effet des règles dans leurs objectifs traditionnels : un besoin pour les rédacteurs des PLU et les habitants	103
3. Connaître les dynamiques réglementaires traditionnelles peut faciliter l'atteinte de certains des objectifs du développement durable et être un complément aux études environnementales	104
Conclusion du chapitre 3 : perspectives d'utilisation d'une méthode d'évaluation des règlements comme outil d'aide à la décision	108
PARTIE 3 : Proposition d'une méthode complémentaire aux dispositifs de suivi des évaluations des PLU : une évaluation réglementaire appliquée à la ville de Toulouse	109
Chapitre 1. Développement d'une méthode d'évaluation du plan d'urbanisme réglementaire	109
1. Hypothèses pour le développement d'une méthode d'évaluation de l'urbanisme réglementaire	109
2. Présentation de la démarche globale et des outils : du corpus d'indicateurs à l'agrégation	111
2.1 L'importance d'évaluer l'urbanisme réglementaire dans le cadre de l'urbanisme « diffus »	111
2.2 Présentation générale de la démarche	112
2.3 Définition des enjeux (ou critères) et des indicateurs	123
2.4 Méthodes d'agrégation des résultats des indicateurs	141
Chapitre 2. Application à la ville de Toulouse	165
1. Présentation des secteurs géographiques et des zones analysées dans le cadre de cette évaluation	165
1.1 Portions de territoires effectivement analysées	165
1.2 Modifications de zonage intermédiaires et cohérence de nos indicateurs	170
2. Réalisation des indicateurs et résultats	175
2.1 Remarques quant à la méthode et aux données	175
2.2 La variable « type de parcelle » : explication de la discrétisation selon la taille des unités foncières	176
2.3 Réalisation des indicateurs relatifs à la densité	177
2.4 Réalisation des indicateurs relatifs aux espaces libres	196
2.5 Réalisations des indicateurs relatifs aux aménités des zones	205
3. Agrégation des indicateurs	223
3.1 Comparaison et analyse des zones	223
3.2 Évaluation multicritère des zones	230
4. Changement d'échelle : à partir d'une analyse du bâti, création de typologies et recherche d'une cohérence réglementaire	317
4.1. Classification des permis de construire à partir de la surface de la parcelle, du COS, et des espaces libres	318
4.2 Classification des permis de construire à partir de la surface de la parcelle, du COS, des espaces libres et des dispersions	325
Conclusion : Bilan de l'étude des permis par Classification Ascendante Hiérarchique dans le cadre de l'évaluation réglementaire	329
Conclusion générale	331
Bibliographie	337

Annexes

353

Annexe 1. Champ d'application de la directive « plans et programmes » - Directive 2001/42/CE en France	353
Annexe 2. Contenu de l'évaluation des incidences Natura 2000	354
Annexe 3. Localisation des zones du PLU de Toulouse	356
Annexe 4. Nombre et type de permis de construire analysés pour les indicateurs de « densité bâtie », au POS et au PLU	371
Annexe 5. Influence de la taille des parcelles sur les résultats de dispersion des COS : graphiques et régressions linéaires	372
Annexe 6. Traitements préalables des données pour les indicateurs de l'enjeu « espaces libres »	378
Annexe 7. Analyses de robustesse des évaluations multicritères sectorielles	380
Annexe 8. Valeurs testées pour les analyses de sensibilité sur les actions de référence : indicateurs de l'enjeu « densité »	385
Annexe 9. Valeurs testées pour les analyses de sensibilité sur les actions de référence : indicateurs de l'enjeu « espaces libres »	388

Liste des figures

390

Liste des tableaux

392

Table des matières

394

Introduction générale

La croissance mondiale des aires urbaines accélère la consommation des ressources et la production de déchets et de pollutions liées aux activités humaines. Les rejets toxiques de gaz automobiles et industriels détériorent la qualité de l'air. Les villes sont également sources de production importante de déchets et de consommation d'énergie. Enfin, la croissance urbaine non maîtrisée peut entraîner la destruction des espaces naturels et agricoles.

Ces problèmes ont amené à une prise de conscience mondiale du caractère destructeur du développement massif des villes et surtout de leurs conséquences négatives (étalement urbain, consommation d'espace,...).

La France a aussi vu une croissance de ses agglomérations, qui s'est surtout manifestée à partir des années 1970, avec l'avènement de l'automobile et les modifications des modes d'habiter. La limitation de l'étalement urbain et des trajets motorisés sont désormais considérés comme des enjeux majeurs de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire.

Ces évolutions de la perception des problèmes liés à la croissance urbaine ou à une urbanisation mal maîtrisée ont amené progressivement, en France, à une prise de conscience globale sur les questions environnementales et « de développement durable » pour les villes.

Cette prise de conscience a d'ailleurs fait évoluer les objectifs de la planification territoriale et urbaine, par le biais des évolutions législatives.

En France, les documents de planification urbaine d'échelle locale que sont les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) permettent de définir des orientations de développement urbain pour la commune, puis de traduire ces orientations par le biais d'un zonage et de règles d'urbanisme.

Ces orientations, établies à l'échelle locale sont encadrées par les documents de planification d'échelle supérieure, ainsi que par les objectifs législatifs.

En effet, la loi Solidarité et Renouvellement Urbains du 13 décembre 2000 impose une plus grande prise en compte de l'environnement et, plus largement, du « développement durable » dans les PLU. Les récentes lois Grenelle ont encore renforcé ces exigences.

Aujourd'hui, les objectifs des documents de planification urbaine doivent porter sur la préservation des espaces naturels et du patrimoine, la qualité urbaine, les fonctions urbaines dont l'habitat, les déplacements, la prise en compte de l'environnement, dans le respect des objectifs du développement durable.

Depuis 1976, tous les documents d'urbanisme doivent présenter une analyse des incidences du plan sur l'environnement. De plus, depuis 2004, les législations en matière d'environnement et d'urbanisme imposent une procédure d'évaluation environnementale renforcée pour certain PLU, issue de la directive Européenne 2001/42/CE dite, « plans et programmes », ou ESIE pour « évaluation stratégique des incidences sur l'environnement ». Ainsi, il existe un cadre législatif et réglementaire pour le contenu des documents de planification (SCOT, PLU). Ceux-ci doivent fournir une analyse des impacts des prescriptions du document d'urbanisme sur l'environnement. Cette analyse comprend une étude d'incidence du plan (on parle d'évaluation ex-ante), et, selon les cas, un dispositif de suivi du plan (évaluation ex-post). Ce dispositif prend la forme d'indicateurs, nécessaires à dresser un bilan des effets du PLU après une durée d'application.

Ce travail de thèse interroge l'impact de la planification à l'échelle locale, en dépassant la seule question environnementale, et en proposant des analyses complémentaires aux évaluations courantes des PLU. En effet, les dispositifs de suivi des PLU, obligatoires pour les PLU soumis à « évaluation environnementale renforcée » ne semblent pas tout à fait adaptés à l'ensemble de ces enjeux. Ils ne permettent pas, par exemple, de traiter le développement durable dans son ensemble, ni d'identifier les effets des PLU en tant qu'outils réglementaires complexes.

La thèse propose d'engager une réflexion sur le développement de méthodes complémentaires d'analyses des effets des PLU. Celles-ci permettront aussi de questionner plus largement le fonctionnement du système de planification urbaine. L'intérêt est de fournir aux rédacteurs des PLU des outils d'aide à la compréhension des effets des règlements, mais aussi d'aide à la décision.

L'hypothèse préalable sur laquelle repose ces travaux est que certaines des règles du Plan Local d'Urbanisme et des orientations du projet urbain ont certains effets et impacts sur le territoire qui sont quantifiables, et que ceux-ci peuvent être modélisés.

Cette problématique d'inférence des documents d'urbanisme sur « l'environnement » amènera à des questionnements sur la modélisation des phénomènes urbains liés aux enjeux de l'urbanisme réglementaire ainsi que sur les méthodes actuelles d'évaluation de la planification urbaine. Ce sujet comporte aussi une dimension de quantification des phénomènes et des impacts dûs aux éléments contenus dans les documents d'urbanisme, qu'ils soient règle ou orientation de planification.

Ce projet de thèse CIFRE fait l'objet d'une expérimentation des méthodes sur le territoire de la Communauté Urbaine du Grand Toulouse. En effet, la demande locale de Toulouse

Métropole était d'aboutir à la création d'un dispositif de suivi concret des effets du règlement d'urbanisme.

La première partie de la thèse abordera la planification urbaine comme objet d'action publique à part entière, ce qui renvoie à sa dimension politique, liée aux enjeux économiques, sociaux, ainsi qu'aux évolutions de la législation. Cela nous permettra, dans un premier chapitre, d'expliquer les phénomènes urbains qui ont façonné la forme de nos agglomérations, ainsi que d'analyser la portée réelle du concept de « développement urbain durable ». Le deuxième chapitre présentera plus précisément le fonctionnement du système de planification français ainsi que son application à l'échelle locale. On montrera les objectifs de cette planification, les outils mis à disposition de la planification urbaine, ainsi que les différentes difficultés.

La seconde partie concerne les démarches d'évaluation de la planification urbaine et de la performance des villes face au développement durable. La présentation d'un état de l'art des méthodes courantes d'évaluation de la planification urbaine nous amènera à analyser deux grandes familles de méthodes appliquées aux plans locaux d'urbanisme : l'évaluation environnementale stratégique et les systèmes d'indicateurs.

Par la suite, après une présentation des exigences liées à l'évaluation environnementale stratégique des documents d'urbanisme en France (au sens de la directive Européenne 2001/42/CE), on montrera en quoi le développement de méthodes d'analyse des PLU pourraient venir compléter les méthodes existantes. On exposera les perspectives d'application d'une telle méthode pour les rédacteurs des PLU, ainsi que pour l'évaluation des effets des PLU, au regard des obligations législatives qui leur sont imposées.

La troisième partie développe ces propositions et présente leur application à la Ville de Toulouse.

Le premier chapitre rappellera les hypothèses, présentera la démarche globale, puis les critères et indicateurs retenus pour l'évaluation du PLU. Les critères d'analyses devant relever à la fois des objectifs traditionnels des PLU et d'enjeux « d'urbanisme durable », on examinera trois grands enjeux : la densité bâtie, les espaces libres et les aménités urbaines. On mettra en relation ces enjeux avec la notion d'intensité urbaine au sens de A. Da Cunha et C. Kaiser (Da Cunha *et al.*, 2009b), et les objectifs législatifs « durables » imposés aux PLU. Les analyses porteront également sur deux échelles : celle du zonage et celle du bâti. On terminera par la description des méthodes d'agréations employées pour synthétiser l'ensemble des résultats, comparer les zones du PLU, identifier les probables effets règlementaires sur les tissus urbains et aussi apprécier leur efficacité face à certains

principes que l'on peut qualifier « d'urbanisme durable » et la réponse aux exigences législatives.

Le deuxième chapitre présente les résultats de la démarche d'évaluation ex-post appliquée à Toulouse. Une application multicritère ex-ante a aussi été testée dans le cadre d'une aide à la décision pour valider certains choix de changement de zonage et de règlement.

Partie 1 : La planification urbaine et son application à l'échelle communale en France : évolutions vers le système actuel et prise en compte du développement durable

Cette thèse questionne les impacts de la planification urbaine locale sur le territoire. Cette partie tend à montrer que la philosophie de la planification urbaine a évolué au cours des dernières décennies, de même que les outils de la planification, les discours politiques portés et les formes de nos villes.

Le premier chapitre montrera que la planification urbaine en France existe réellement depuis un siècle mais que ce siècle n'a pas empêché l'émergence de problèmes liés à des facteurs sociaux, démographiques, économiques, culturels et de choix politiques. Ainsi, l'histoire révèle que la planification et ses évolutions en vue d'une meilleure qualité urbaine ont surtout fait figure de traduction des choix politiques, eux même influencés par des évolutions de la société.

Les problèmes environnementaux mondiaux, en lien avec ceux des villes semblent parallèlement avoir fait émerger une prise de conscience générale, aboutissant à la généralisation de la notion de « développement durable ». Cela nous amènera à questionner la nouveauté réelle des principes de « développement durable urbain », et à présenter les évolutions en termes législatifs et de pratiques induits dans le champ de l'urbanisme. On terminera en montrant que bien que le « développement durable » soit aujourd'hui omniprésent, il n'en est pas moins un idéal difficile à mettre en œuvre.

Chapitre 1 : Effets des politiques publiques et de la planification urbaine sur l'évolution des villes Françaises

1. Un siècle de planification urbaine des villes, mais un développement urbain inégalement maîtrisé

1.1 Les évolutions de la planification urbaine en France

A l'origine la planification des villes en France disposait de peu d'instruments juridiques, et traitait les thématiques de manière sectorielle : voies de circulation et aménagement des espaces publics, salubrité, protection du patrimoine, gestion des établissements dangereux... D'ailleurs, à cette époque, les autorisations de construire (du type permis de construire) étaient directement liées à la salubrité et la sécurité du projet de construction. Le permis de construire « moderne » tel que nous le connaissons, et qui est non soumis à une réglementation partielle n'apparaîtra qu'en 1943, avec la loi du 15 juin 1943 qui le généralisa (Polizzi, 2011).

Le premier texte de loi important pour la planification des villes date de 1919, dans un contexte de reconstruction d'après guerre. Il s'agit de la « loi Cornudet », qui a prescrit les « plans d'agrandissement et d'embellissement » dans les villes de plus de 10.000 habitants. Ces plans sont sous-tendus par les valeurs et objectifs de l'époque : hygiénisme et esthétisme. Mais ces premiers outils de planification urbaine n'ont pas eu l'effet escompté : seul un quart des plans Cornudet a été mis en place et ce tardivement¹, tandis qu'un unique projet régional a vu le jour (celui de la région parisienne) (Driard, a).

Par la suite, l'année 1943 a été une année décisive pour notre système de gestion de l'urbanisme. En effet, la loi du 15 juin 1943 a permis d'imposer trois choses majeures (Driard, a) :

- la création d'une administration spécifique : la « direction de l'urbanisme » au sein de la délégation à l'équipement national,
- la refonte des projets d'aménagement. Cette loi a repensé le projet de la loi Cornudet en fonction de deux catégories : les projets communaux et intercommunaux. Cette sectorisation a eu pour but d'élargir le champ de projets urbains suite à l'utilisation relative par les communes de la première loi,
- le renforcement de la réglementation en urbanisme en généralisant le permis de construire dans sa version moderne.

¹ Les premiers plans ne furent approuvés qu'à la veille de la seconde guerre mondiale (Merlin, 2013).

Plus tard, l'année 1958 a introduit les plans d'urbanisme directeurs et les plans de détails². Le plan directeur contenait un zonage de l'occupation du sol, des emplacements réservés pour les équipements publics et les espaces boisés classés.

Le plan de détail était une sorte de « plan masse » portant sur des secteurs définis au plan directeur. Une des critiques de ce document concernait la rigidité du dispositif du type « plan masse » (qui ne laissait aucune marge de manœuvre lors de l'instruction des permis de construire).

L'autre grande critique était que ces plans d'urbanisme ne véhiculaient pas de projet global, entraînant spéculation foncière et sur-densification. Ces plans allaient donc à l'encontre de l'objectif même de l'urbanisme, inventé à la fin du 19^e siècle pour la gestion de l'urbanisation, pour une meilleure adéquation aux besoins humains (Choay, 1965). Il était donc absolument nécessaire de replacer l'urbanisme réglementaire dans son contexte de projet (Raffaud, 2003).

Une première tentative a vu le jour dans les années 60, années de l'émergence réelle du domaine de « l'aménagement du territoire », avec la Loi d'Orientation Foncière (dite LOF) de 1967. La LOF fait figure d'évènement en urbanisme et en aménagement car elle a apporté des modifications importantes pour la planification urbaine et sa transcription dans les documents d'urbanisme. Elle a permis la création de deux documents d'urbanisme : le Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (SDAU) et le Plan d'Occupation des Sols (POS).

Le SDAU est un document de planification supra-communal. Il fixe des orientations de développement. Le POS est le document communal qui doit être compatible avec les orientations du SDAU. Il comprend un diagnostic territorial et des pièces réglementaires opposables au tiers destinées à conditionner les constructions futures. Deux éléments ressortent de ces nouveaux documents, la volonté de définir un projet urbain de territoire cohérent, et la volonté de répondre aux critiques énoncées contre les plans précédents, en séparant projet et règlement pour une meilleure gestion des droits à construire.

Ces documents tentent d'insuffler une vision stratégique à l'aménagement du territoire à l'échelle supra-communale dans le SDAU grâce aux orientations de développement et, à l'échelle locale dans le POS, par relation de compatibilité avec le SDAU. Cependant le POS reste un outil améliorable car ce document ne dispose pas d'un véritable outil qui détermine les orientations de développement pour la commune. Cette limite du POS, et les critiques afférentes, conduiront en 2000 à une nouvelle refonte des documents d'urbanisme, avec les

² Étant donné que les plans d'urbanisme directeurs n'étaient pas obligatoires pour toutes les communes, il existait aussi des plans d'urbanisme complémentaires (pour les grandes communes ou rencontrant des problèmes particuliers) et des plans sommaires d'urbanisme.

Schémas de Cohérence Territoriaux (SCOT) et Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) d'aujourd'hui. Ainsi, la loi Solidarité et Renouvellement Urbains (SRU) de 2000, a transformé profondément l'approche de la planification territoriale et constitue un jalon dans l'histoire de la législation Française. Si elle apporte une nouvelle philosophie à l'urbanisme, c'est aussi en termes de développement durable et d'environnement³.

Ainsi, l'évolution de la planification en France démontre bien l'émergence de la notion de projet global pour l'agglomération, ainsi que la volonté de fonder les choix sur une analyse plus poussée et plus scientifique du territoire. Pourtant, au cours de la genèse de l'émergence de l'urbanisme, l'urbanisation de nos villes n'a pas toujours été optimale. Sans doute parce que les évolutions des modes de vie, du contexte économique, et les choix politiques du moment se situent en amont de la définition des enjeux et outils de la planification, et en conditionnent en grande partie la qualité. L'urbanisme naissant fut souvent pris de cours par ces évolutions de la société qu'essaient aujourd'hui de corriger les lois plus récentes. Les lois telles que les lois SRU puis récemment Grenelle qui ont verdi la planification semblent d'ailleurs avoir été créées en réponse aux problèmes que nous allons maintenant présenter.

1.2 Les évolutions sociétales et les choix politiques sont à l'origine de la forme de nos villes

Cette partie a pour objectif de présenter l'historique des évolutions urbaines en France, afin de mettre en regard les problèmes qui sont apparus, les choix de politique publique et les évolutions de la planification.

1.2.1 Années 50 et 60 : la reconstruction d'après guerre

Les années 50 sont les années de la reconstruction après guerre, période suivie par un « boom démographique ». Face à la demande très forte de logements, les pouvoirs publics créent la procédure d'urbanisme opérationnel de ZUP (Zone à Urbaniser en Priorité)⁴. Si l'Europe connaît alors une forte demande de logements, la généralisation des grands ensembles reste tout de même une spécificité française, les autres pays d'Europe ayant privilégié d'autres formes bâties (par exemple des lotissements denses en Angleterre). On

³ La loi SRU a renforcé notamment la prise en compte de la diversité fonctionnelle, de la mixité sociale, du renouvellement urbain, de l'équilibre entre développement urbain et consommation d'espaces, des déplacements, de la prise en compte de l'environnement, etc.

⁴ Aujourd'hui, la procédure de ZUP n'existe plus. Les opérations urbaines existent sous des formes plus diversifiées, intégrant une mixité fonctionnelle. On les trouve aujourd'hui notamment sous forme de ZAC (Zones d'Aménagement Concertées).

peut expliquer cela par le fait que la politique française des ZUP était une politique étatique centralisée, qui s'est donc largement généralisée. De plus, cette politique des ZUP s'explique aussi par une volonté politique de structurer la filière du bâtiment en l'industrialisant.

Ces zones, que l'on connaît sous la forme de grands ensembles ou de barres sont aujourd'hui largement médiatisées pour les problèmes sociaux qu'on leur connaît et pour leur enclavement. Elles sont devenues un des enjeux majeurs de la « politique de la ville », qui vise au « renouvellement urbain de ces zones ».

Néanmoins, la prise de conscience des limites de l'urbanisme « en barres » dans l'opinion publique et par les pouvoirs publics ne date pas d'hier. En fait, les premières critiques sur les « grandes banlieues HLM⁵ » ont été émises contre « l'uniformité, l'urbanisme sans âme » de ces ensembles (Raffaud, 2003 p.101) et ce, dès la création des ZUP. Ces critiques n'ont fait que s'amplifier par la suite (Raffaud, 2003) avec la dégradation du climat social, liée au départ des classes moyennes attirées par la maison individuelle rendue accessible.

1.2.2 A partir des années 60 (et après) : l'essor de la maison individuelle, de la motorisation et « l'étalement urbain »

Dès les années 50 (l'après-guerre), la « maison » est fortement plébiscitée, bien que l'Etat ne laisse pas beaucoup de possibilité à la « maison » de se développer, préférant favoriser la construction des grands ensembles dans le cadre des ZUP. Par la suite, dès la fin des années 60, les appartements des récentes ZUP deviennent moins attractifs (ils s'avèrent être monotones, mal gérés...) et les populations rêvent de pouvoir quitter ces barres au profit d'un pavillon. F. Raffaud parle d'ailleurs d'un phénomène « de réaction » à la période des grands ensembles (Raffaud, 2003 p.54). Cette attractivité de la maison individuelle n'a d'ailleurs jamais cessé ensuite. Ainsi, un sondage de 2004 a montré que la maison individuelle est encore un rêve pour 82% des français (Djefal Yhi' [, bYž 2004).

Cet attrait pour la maison a également été favorisé par les politiques mises en place. Ainsi, en 1969, Albin Chalandon, alors Ministre de l'Équipement et du Logement, veut « pouvoir offrir aux gens ce qu'ils veulent » face au désintérêt des dernières ZUP sorties de terre (Michel Carmona citant A. Chalandon dans Paquot, 2010). Pour cela, il organise un concours de maisons individuelles, avec pour objectif de trouver un « produit » peu cher (pour concurrencer le marché de l'HLM) et destiné à faire des villages de 3000 à 4000 maisons. Or ce qu'on appelle les « Chalandonnettes » ont amené leur lot de dysfonctionnements. Elles ont démocratisé la maison individuelle à bas prix, ce qui a accéléré la périurbanisation avec les problèmes énergétiques et de déplacements que l'on connaît. De plus, l'étalement des villes en France s'est accompagné d'un problème supplémentaire et particulièrement marqué en France, qu'Éric Charmes appelle « l'émiettement » (Füzesséry Yh'F cgYU., 2010, interview

⁵ HLM : habitation à loyer modéré (logement social)

d'E.Charmes). Il concerne l'absorption, du bourg ou du village dans l'orbite de la ville centre dans un processus de périurbanisation, « chaque noyau (village, bourg, petite ville) se dotant de sa couronne d'ensemble pavillonnaires tout en restant séparé des communes voisines par une bande non construite composée de champs, de prairies, de parcs ou de forêts » (Charmes, 2011 p.18). Cet émiettement pose un problème en termes de cohabitation entre zones naturelles, agricoles et urbaines, car le développement des tissus pavillonnaires augmente les contacts entre les milieux habités, les milieux naturels et les exploitations agricoles (Füzesséry 2010). Il pose aussi des problèmes en termes de gouvernance et de solidarité entre habitants, car le processus s'apparente à un processus de « clubbisation » (Charmes, 2011).

La démocratisation de la maison individuelle a accéléré le phénomène d'étalement urbain, qui est généralisable aux métropoles européennes (et américaines). En effet, à partir des années 60 ce phénomène est apparu, corrélé à la démocratisation de l'automobile et à la multiplication et à la diversification des centres commerciaux. Cependant, les processus particuliers sont un peu différents d'un pays à l'autre ; ce paragraphe décrit plus précisément les événements Français.

Le « boom » de l'automobile a eu lieu entre 1960 et 1985. Cette motorisation massive des ménages a favorisé leur mobilité à l'extérieur des zones déjà suffisamment urbanisées, vers ce qu'on appelle aujourd'hui les zones périurbaines. A cette époque, le développement de l'automobile s'est accompagné d'un développement du réseau routier, ainsi que des formes de la grande distribution. David Mangin (Grand prix de l'urbanisme 2008), en présentant une chronologie de l'évolution de ces équipements, montre un lien fort avec le développement de l'urbanisation de nos agglomérations (Mangin, 2004). Nous allons ici synthétiser son analyse afin de préciser les relations qu'il définit.

En France, le réseau routier s'est plus largement développé à partir des années 50, la société étant encore essentiellement rurale au lendemain de la 2^{ème} guerre mondiale (Coulaud, 2010). Dès l'après guerre, il y a une amélioration des « voies radiales de dégagement » des cœurs de villes. Dans les années 60, les premières voies de contournement sont créées afin de soulager ces voies principales de plus en plus congestionnées. C'est alors que les zones périurbaines deviennent plus accessibles pour les gens, et que sont aussi implantés les grands équipements des villes (campus, ...).

Les années 70, (années du début de l'accélération réelle du processus d'étalement urbain) voient l'apparition des grandes autoroutes, le développement des hypermarchés (dès les années 60) et des zones d'activités économiques qui se greffent au plus près des échangeurs et des entrées de ville.

La décennie suivante est celle de la montée en force de l'étalement urbain, liée aussi à une transformation des voies urbaines en faveur d'une accélération des déplacements motorisés :

les radiales deviennent des voies rapides et les rocades sont créées, créant une sectorisation de l'espace, et surtout une affirmation du modèle radio-concentrique des villes. Ce modèle correspond à une urbanisation en cercle ou en spirale par croissance le long des radiales et à partir des rocades, comme à Toulouse, Bordeaux, Caen, et Nantes etc. (Voir la figure 1 ci-dessous)⁶.

Sur la même décennie, on voit également se développer autour de l'hypermarché un certain nombre de services de restauration voire d'hôtellerie, conséquence de la facilitation des déplacements. Les années 80 sont aussi celles de la décentralisation de l'urbanisme (loi de 1982 de Gaston Defferre, alors Ministre de l'Intérieur), décentralisation qui a favorisé l'augmentation des hypermarchés dans presque toutes les agglomérations (voir point suivant)⁷.

Les années 90 voient la poursuite de ce phénomène, et les grandes surfaces commerciales arrivent à leur apogée en devenant de véritables et gigantesques centres de loisirs dans lesquels on peut passer une journée entière à consommer et à flâner, sur le modèle Américain (Mangin, 2004).

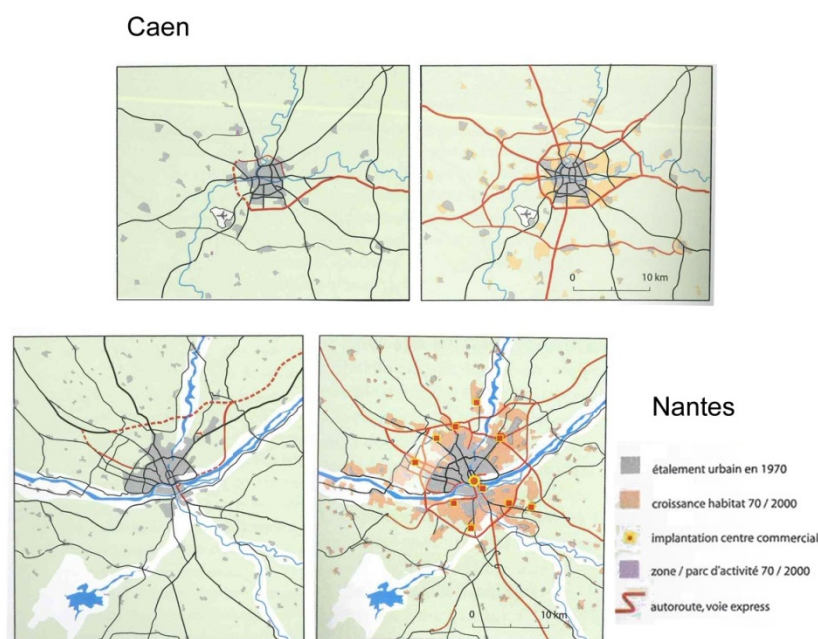


Figure 1. Croissance radioconcentrique de Caen et Nantes entre 1970 et 2000

Source : D'après Mangin 2004 p.86, 87.

⁶ A noter que Mangin identifie d'autres modèles : radio-concentriques complexes, en croissances linéaires (forme radio concentrique contrainte de relief géographique), ou encore « en delta » (contrainte par le littoral) (Mangin, 2004).

⁷ En effet, la décentralisation a en quelque sorte mis les communes en concurrence sur leur niveau d'équipement, et toutes ont voulu se doter d'un hypermarché (Entretien avec P. Dehan, 2011).

La démocratisation de l'automobile, l'évolution du réseau routier et des modes de consommation sont liés aux évolutions des morphologies des villes et donc des processus d'étalement urbain. Ainsi nous voyons que les raisons de la prolifération de « maisons » ou de « pavillons » du périurbain sont multiples. L'étalement est lié la fois au rêve de la maison, évidemment aux prix du foncier et à la possibilité d'une mobilité et d'un mode de consommation facilité par l'automobile. Mais à ces leviers sociétaux, économiques et culturels s'ajoute celui des politiques publiques qui ont porté ces évolutions, en réponse aux leviers sociétaux que nous venons de citer.

Au travers de cette étude historique sur l'urbanisation des villes, on constate que les pouvoirs publics et les politiques ont validé des choix d'aménagement qui ont pérennisé sur 40 années les problèmes : le développement massif du pavillonnaire couplé aux décisions politiques de développer un réseau routier et commercial en faveur de l'automobile.

1.2.3 Les années 80 : la décentralisation des pouvoirs politiques et la poursuite des évolutions morphologiques

La loi de décentralisation du 2 mars 1982 a aussi influencé le développement des villes. Cette loi a fait figure de tournant dans l'urbanisme en conférant aux collectivités territoriales la compétence en matière d'urbanisme.

L'apport principal de cette loi est qu'elle a rendu à la ville (et à son élu) le moyen de pouvoir gérer son propre territoire, alors qu'auparavant l'Etat en avait la compétence. En d'autres termes, il s'agit d'une reprise de pouvoir du citoyen - au travers de l'élu et des dispositifs de concertation mis en place sur sa ville. En cela, la loi marque un tournant dans les pratiques et dans la philosophie même de la planification territoriale.

Cependant, afin de ne pas perdre tout contrôle au niveau national, la décentralisation de l'urbanisme vers le niveau d'action local a été suivie d'une réaction, dès 1985, afin de protéger les villes d'un développement communal opportuniste et sans respect de l'environnement (Driard, b). Témoigne de cette volonté de protection un certain nombre de lois nationales sur l'aménagement de l'urbanisme auxquelles doit se référer la planification communale et supra-communale. On peut citer entre autres la loi littoral (1986), la loi montagne (1985). Ces textes seront bientôt suivis par la loi paysage (1993) et la Loi d'Orientation pour la Ville (1991) imposant à toutes les communes d'une agglomération de plus de 200.000 habitants d'avoir au moins 20 % de logements sociaux⁸ puis par la LOADT (Loi d'orientation pour l'aménagement et le développement du territoire) de 1995.

Ces réactions sont aussi liées au fait que la décentralisation aura été aussi accusée d'avoir permis un urbanisme de promoteurs (pour faire du clé-en-main notamment), où les élus

⁸ La loi SRU a abaissé le seuil à 1500 habitants en ile de France et 3500 ailleurs

signent les permis sans se soucier d'une quelconque cohérence entre les projets, et sans vraiment prendre en compte les requêtes négatives des habitants qui voient d'un mauvais œil ces pratiques. Ainsi, « Le parti pris, le clientélisme sont des critiques traditionnelles faites aux élus locaux » en matière d'exercice de certaines compétences locales, suite à la décentralisation (Priet, 1992).

Enfin, rappelons qu'un des écueils de la décentralisation a été de banaliser l'urbanisation (Voir le numéro 3135 de *Télérama* (2010) titrant "Halte à la France moche !" et plus spécifiquement l'article de De Jarcy YhRémy, 2010). Cette banalisation de l'urbanisation concerne aussi les formes bâties de la grande distribution ; nous avons vu, au paragraphe précédent, que la prolifération des zones commerciales est aussi imputable à la décentralisation qui a permis aux élus des communes de défendre les projets sur leur territoire.

In fine, la décentralisation a clairement été un avantage pour les communes car elle garantissait une action localisée et une implication forte. En revanche, la décentralisation aura parfois permis les écueils liés à la complexité du système de planification. Les profits (financiers ou électoraux) des différents acteurs, le bien commun et la définition même du bien commun qui peut varier d'un individu à l'autre ne garantissent pas toujours une application optimale et pour le plus grand nombre.

Nous avons vu dans cette première partie qu'il existe dans l'histoire de l'urbanisme, une base d'évolutions législatives, règlementaires et même de politiques publiques partagées à l'échelle nationale. Ces dispositifs nationaux ont été créés pour répondre à des besoins sociétaux et/ou une demande citoyenne (par exemple les ZUP, le développement pavillonnaire lié à la motorisation des foyers...).

Les dispositifs nationaux sont ensuite appliqués pas les élus à l'échelle locale dans le cadre de leurs politiques publiques.

En plus de ces grands « axes » de politiques publiques définis à l'échelle nationale, dans lesquels s'insèrent les politiques publiques à l'échelle locale, s'ajoute un niveau d'action de la politique publique que nous qualifierons « de détail » (par rapport à l'échelle nationale), et qui correspond à la marge de manœuvre et de liberté d'action dont dispose l'élu local, tout en restant dans le cadre législatif général. C'est ici que trouve sa place la planification urbaine : chaque SDAU et POS (ou SCOT et PLU) est différent, mais chacun est soumis aux principes énoncés par la loi LOF (et SRU). Ce degré d'action règlementaire local permet à l'élu de travailler finement sur l'organisation spatiale de son territoire, et d'utiliser les outils d'urbanisme règlementaire de manière adaptée.

Ainsi, dans l'histoire de l'évolution des villes en France, on a pu observer des évolutions imputables à des politiques nationales telles que les ZUP, le développement pavillonnaire et routier et d'autres revenant aux élus locaux par leurs choix d'aménagement (niveau « de

détail »). Un bon exemple de ce phénomène est l'évolution de l'hypermarché en France : toutes les agglomérations disposent aujourd'hui de zones commerciales, surtout en banlieues (Moati *et al.*, 2004; Solard, 2009) ; les évolutions sociales, économiques et la gestion politique (avec la décentralisation) ayant permis leur développement. La concurrence entre les communes pour avoir le même niveau d'équipement commercial a, en effet, aussi joué en faveur de ce développement des hypermarchés.

On retiendra donc de cette analyse non exhaustive de l'histoire du développement des villes françaises que l'on peut mettre en évidence des phénomènes généraux qui ont réellement bouleversé la physionomie de nos villes, tout en sachant que l'ampleur des processus dépend aussi du contexte local. Derrière bon nombre de ces phénomènes se trouvent les évolutions de notre société, démographiques, économiques et aussi nos modes de vie et de consommation. La planification urbaine est soumise à des lois qui définissent des principes et des objectifs et donc sa qualité dépend de ces contextes législatifs (voir la figure 2). Elle dépend aussi des choix politiques locaux et sociétaux car elle est l'outil qui permet, avec une certaine latitude de traduire ces enjeux.

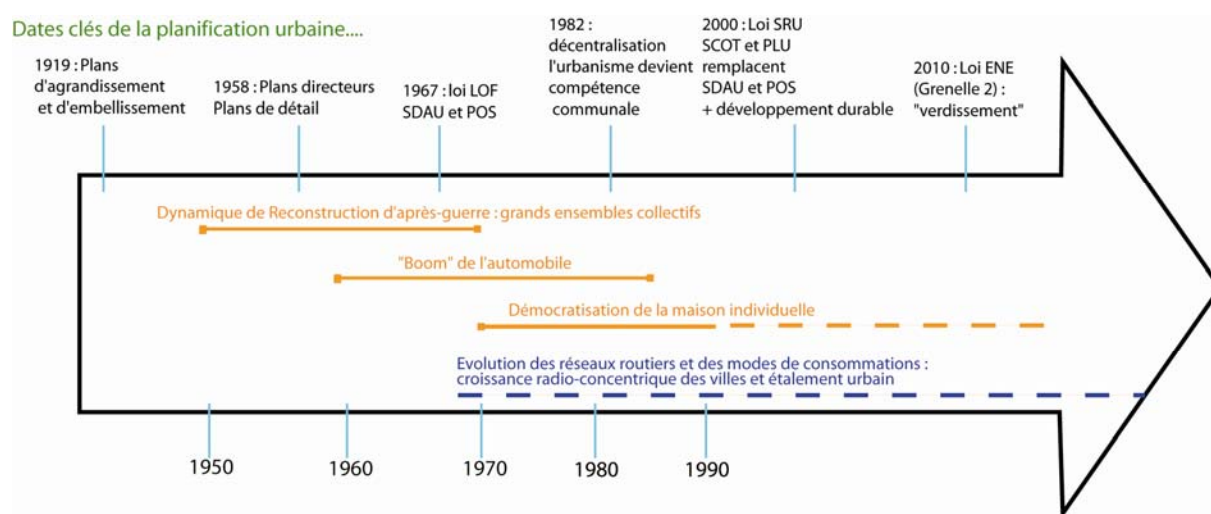


Figure 2. Évolutions de la planification urbaine et dynamiques urbaines

La partie suivante abordera la montée des préoccupations environnementales et l'émergence du concept de développement durable, que l'on peut considérer à première vue (en urbanisme) comme autant de réponses aux problèmes que nous venons d'exposer. Nous montrerons que ce nouveau concept a modifié de manière importante les pratiques de l'urbanisme, la planification y comprise.

2. La montée en puissance du développement durable et son impact sur les pratiques de l'urbanisme, la conduite des politiques publiques et ses outils

2.1 L'émergence d'un nouveau concept ?

Au travers de notre première partie on a pu montrer que si l'évolution des villes Françaises est à l'origine des problèmes actuels, on remarque aussi que cette histoire est jalonnée d'idées et de projets destinés à faire une ville meilleure, plus agréable, voire de projets véhiculant déjà des principes proches de ceux du développement durable urbain tel que nous le connaissons aujourd'hui. On pense déjà aux principes de la charte d'Athènes des années 30 (et en réalité repris des hygiénistes): « air, lumière, espace » qui sont encore d'actualité aujourd'hui (on cherche de l'aération dans les tissus urbains, la protection de la nature en ville, des paysages, autant de thèmes portés dans nos actuels éco-quartiers). De même, à l'époque du développement de l'étalement urbain, Fanny Raffaud (Raffaud, 2003) émet l'hypothèse que les critiques émergent déjà. En effet, le politique tenait déjà un discours proche de celui du « développement durable » dans les années 70 : Valéry Giscard d'Estaing parle déjà d'environnement, de participation démocratique, de protection des agglomérations des excès de l'automobile, et de la sauvegarde de l'espace rural d'une urbanisation anarchique. On est d'ailleurs à l'époque de la création des « villes nouvelles » en France, impulsées politiquement comme réponse à l'urbanisation anarchique de l'époque (insufflées sous la présidence de De Gaulle).

Il existe même un débat récurrent au sein des milieux scientifiques sur la nouveauté réelle du concept ainsi que sa légitimité.

Néanmoins, nous pouvons affirmer que si des principes approchant ceux de « l'urbanisme durable » étaient déjà présents depuis longtemps, le concept de « développement durable » est, quant à lui, énoncé pour la première fois en 1987 par le rapport Brundtland, publié par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement des Nations Unies. C'est à partir de cette date que l'on observe une montée en puissance de ces concepts dans l'urbain (Raffaud, 2003). La conférence de Rio de 1992 a permis d'apporter encore plus de visibilité sur les problèmes des villes, de même que la Charte d'Aalborg de 1994, qui a défini des principes pour des villes européennes durables (et soutenu la démarche des Agenda 21 issue du Sommet de la Terre de Rio en 1992). Comme l'affirme F. Raffaud, cette décennie a vu d'ailleurs un renforcement des pratiques des professionnels de l'urbanisme autour du « développement durable ». C'est dans cette évolution, ainsi que dans l'apparition de la conceptualisation (avec un certain nombre de nouveaux enjeux) que se trouve très certainement la nouveauté. Mathieu et U", privilégient dans ce sens, « les analyses de chercheurs pour qui l'utopie de la ville durable introduit, du fait même de la difficulté de sa

mise en œuvre, une discontinuité dans les systèmes de connaissances »(Mathieu ; i Yfa cbX 2005 p.18).

Cette « discontinuité » s'illustre par des évolutions dans le droit Français, notamment dans le champ de « l'urbanisme réglementaire » qui contrôle la planification. La partie suivante présentera ces évolutions.

2.2 Des évolutions des législations en matière d'urbanisme, d'environnement et de développement durable

Le droit de l'urbanisme et le droit de l'environnement sont deux domaines qui se sont mis en place, puis ont évolué séparément au fil de l'histoire. Ce chapitre synthétise la chronologie réalisée dans les travaux de M. Flamand en 2005 (Flamand, 2005). Il retrace les grandes lignes qui permettent de comprendre comment et pourquoi le droit de l'urbanisme s'est mis à intégrer les prescriptions environnementales, jusqu'à rendre les deux indissociables.

Commençons par l'histoire du droit de l'urbanisme, que nous avons déjà abordé dans la première partie de ce rapport. La première loi, la loi Cornudet du 14 mars 1919, marque l'origine du droit de l'urbanisme en créant les « plans d'agrandissement et d'embellissement » des villes. Une étape supplémentaire fut franchie en 1967 avec la loi Loi d'Orientation Foncière qui instaura les SDAU et POS, dont la forme est finalement assez proches des SCOT et PLU qui sont les outils de la planification urbaine utilisés aujourd'hui. Ces derniers « outils » sont d'ailleurs nés de la loi SRU du 13 décembre 2000 qui a de suite posé une nouvelle conception de l'urbanisme. En effet, en plus de remanier les schémas directeurs qui deviennent des SCOT et les POS qui deviennent PLU, la loi SRU traite désormais parallèlement à l'urbanisme, des déplacements, du renouvellement urbain, de la mixité sociale et fonctionnelle, de l'environnement et du développement durable. Ces enjeux sont en fait repris à l'article L121-1 du code de l'urbanisme, qui redéfinit les objectifs des documents d'urbanisme, au lendemain de l'approbation de la loi SRU. L'autre avancée de la loi SRU est l'introduction de la notion « d'urbanisme de projet » dans les PLU, en introduisant le Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD), pièce du PLU qui retranscrit les orientations de développement urbain. En 2010, un autre cap est franchi avec la loi Grenelle 2, car le Grenelle prévoit de simplifier les documents d'urbanisme pour les rendre plus lisibles, tout en privilégiant (c'est-à-dire en renforçant) la mise en œuvre d'un urbanisme « de projet » (d'après le discours de Benoist Apparu, Secrétaire d'Etat chargé du Logement, du 27 mai 2011).

Ainsi, par ces différentes évolutions, on constate que le droit de l'urbanisme est apparu de manière à organiser une vision pragmatique de l'urbanisation.

Quant au droit de l'environnement, il ne s'est réellement développé qu'à la seconde moitié du XX^e siècle. Auparavant, les règles avaient souvent un but soit hygiéniste, soit de préservation des ressources au bénéfice de l'homme. Les catastrophes écologiques de la seconde moitié du XX^e siècle (Seveso 1976, Amoco Cadiz 1978, Tchernobyl 1986, ...) ont fait monter la pression populaire et pousser les dirigeants du monde à prendre les décisions devant mettre fin à ces accidents répétés. C'est ainsi que la conférence des Nations Unies tenue à Stockholm en 1972, puis celle sur l'environnement et le développement durable de Rio en 1992 ont accouché de plusieurs documents et programmes : le programme des Nations Unies pour l'environnement (1972), puis, suite au Sommet de la Terre à Rio en 1992, la Déclaration de Rio, le programme Action 21, ou la Convention-cadre des Nations-Unies sur les changements climatiques (Flamand, 2005). En parallèle est apparu bon nombre de conventions internationales concernant la protection d'un milieu, d'une espèce, etc.

Le droit français a vu lui aussi voter de nombreux textes relatifs à la protection de l'environnement, dont les directives sectorielles relatives aux déchets (1975), à la qualité des eaux douces (1978), ...

Jusqu'ici, le droit de l'environnement et de l'urbanisme sont restés juxtaposés sans véritablement se mêler (Flamand, 2005). Ce n'est qu'en 1976 que l'on voit enfin les préoccupations environnementales s'intégrer au droit de l'urbanisme. D'abord avec la loi du 10 juillet 1976 (N°76-629) relative à la protection de la nature qui stipule que « les travaux et projets d'aménagement qui sont entrepris par une collectivité publique ou qui nécessitent une autorisation ou une décision d'approbation ainsi que les documents d'urbanisme doivent respecter les préoccupations d'environnement ». Cette loi a aussi posé la première fois la question de l'évaluation des plans, en imposant au POS la réalisation d'un état initial de l'environnement et une analyse des éventuelles incidences du plan (Jégouzo, 2009b). La loi du 31 décembre de la même année complète le code de l'urbanisme et énonce que les POS doivent délimiter « les quartiers, rues, monuments, sites et secteurs à protéger ou à mettre en valeur pour des motifs d'ordre (...) écologique ».

Ensuite, la loi du 7 janvier 1983 relative à la répartition des compétences entre les communes, les départements et les régions de l'État a introduit le principe de gestion économe du sol et d'équilibre entre le développement urbain et la préservation de l'environnement par le biais des documents de planification urbaine. En témoigne l'écriture de l'article L121-10 du code de l'urbanisme, dans sa version en vigueur au 9 janvier 1983⁹, et qui fixait les objectifs des documents d'urbanisme (aujourd'hui, l'article L121-1 remplit cette fonction).

⁹ « Les documents d'urbanisme déterminent les conditions permettant, d'une part, de limiter l'utilisation de l'espace, de préserver les activités agricoles, de protéger les espaces forestiers, les sites et les paysages et, d'autre part, de prévoir suffisamment de zones réservées aux activités économiques et d'intérêt général, et de terrains constructibles pour la satisfaction des besoins présents et futurs en matière de logement. » article L121-10 du code de l'urbanisme dans sa version en vigueur au 9 janvier 1983.

Par la suite, le code de l'urbanisme intégrera progressivement les dispositions relatives à la protection de l'environnement qui vont être promulguées à la fin du XXème siècle, comme par exemple celle relative à l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement (directive EIE de 1985 qui a donné lieu aux procédures d'étude d'impact), et celles que l'on a vu au chapitre précédent, qui peuvent être vues comme une réponse à la décentralisation (voir la référence à Driard p.8) : loi littoral (1986), la loi montagne (1985), loi paysage (1993), etc.

En 2000, la loi SRU transforme profondément l'approche de la planification territoriale et fait figure de jalon dans l'histoire de la législation Française. Si elle apporte une nouvelle philosophie à l'urbanisme, c'est aussi en termes de développement durable et d'environnement¹⁰. De plus, la loi SRU de 2000 reprend le concept d'évaluation des incidences sur l'environnement issue de la loi du 10 juillet 1976, par application du décret 2001-260 du 27 mars 2001. En effet, le code de l'urbanisme, modifié par ce décret (article R123-2) énonce que les rapports de présentation des SCOT, des PLU et des cartes communales doivent analyser l'état initial de l'environnement ; évaluer les incidences prévisibles des orientations du schéma sur l'environnement et exposer la manière dont le schéma prend en compte le souci de sa préservation et de sa mise en valeur. La loi SRU, en plus de donner une nouvelle philosophie aux documents d'urbanisme, a donc conforté cette notion d'évaluation. Ces dispositions ont par la suite été confortées par la Directive Européenne du 27 juin 2001 relative à l'évaluation des incidences de certains plans et programmes sur l'environnement, qui a été transposée en droit français par l'ordonnance du 3 juin 2004. Nous y reviendrons au chapitre 2 de la partie 2. Il ne s'agit plus seulement de vouloir faire bien, il faut désormais justifier les résultats que l'on obtient. On passe ici un cap certain dans la prise de conscience environnementale.

Enfin, en France, loi Grenelle a apporté de nouvelles dispositions intéressantes pour les PLU, sans pour autant révolutionner leur contenu. La législation française devrait aussi prochainement faire évoluer la forme des documents d'urbanisme en vue de les simplifier, et de privilégier un « urbanisme de projet », déjà en partie favorisée par la loi Grenelle 2 (voir le paragraphe 2.2.3, au chapitre 2).

¹⁰ Les objectifs de la loi SRU portent sur l'environnement, l'équilibre entre développement urbain et consommation d'espaces, la préservation des espaces naturels et du patrimoine, le renouvellement urbain, la mixité sociale, la qualité urbaine, les déplacements, la diversité des fonctions urbaines. Si on résume les objectifs des PLU d'aujourd'hui, ils portent sur le renouvellement urbain, la préservation des espaces naturels et du patrimoine, la qualité urbaine, les fonctions urbaines dont l'habitat, les déplacements, la prise en compte de l'environnement (en dépassant la seule préservation des espaces naturels et des paysages ainsi que la consommation d'espace), dans le respect des objectifs du développement durable. (D'après l'article L121-1 du Code de l'Urbanisme)

Pour finir, le boom du « développement durable » dans les années 90, lié au contexte législatif, s'est traduit par de nouvelles pratiques professionnelles en urbanisme ainsi, que par une modification des jeux d'acteurs. La recherche en urbanisme, elle aussi, a connu un « verdissement » important dans les années 1990 et s'est rendue plus proche des politiques et des acteurs de l'urbain pour être plus opérationnelle. Cela est très intéressant en matière de politique publique car désormais, les grandes agglomérations, au même titre qu'elles consultent des agences ou bureaux d'études, consultent très souvent des chercheurs pour travailler sur la planification urbaine et leurs projets. Les thèmes abordés font l'objet de débats et de controverses comme le développement social des quartiers, l'étalement urbain, etc... Une des fonctions du chercheur (en plus de la production de connaissances, puis de propositions d'actions) est alors de clarifier et de conceptualiser les phénomènes et les actions sur la ville que veut mettre en place l'élue (Cadiou, 2008). On est ici dans le rôle de « porte parole », et de légitimation de l'action publique. Enfin, la nécessité « d'évaluer » les projets urbains, soit par obligation réglementaire (voir paragraphe précédent), soit par un besoin de légitimer un projet, est une porte ouverte à de nombreuses recherches partenariales avec les collectivités territoriales.

2.3 La recherche en urbanisme pour faire des villes viables : évolution des pratiques, des acteurs... pour faire évoluer les politiques publiques

2.3.1 Un changement de réseau d'acteurs de la recherche en urbanisme pour créer (ou renforcer) le lien avec la politique publique

Auparavant, bien avant que l'on parle de recherche en « urbanisme », les questionnements relatifs à la ville étaient traités par des chercheurs venant de disciplines différentes : géographes, sociologues, économistes, ... ; et ces différents chercheurs travaillaient séparément sur un enjeu urbain spécifique. La section de recherche en « Urbanisme » du CNU n'étant apparue qu'en 1992 (Cadiou, 2008).

Dans les années 60, les chercheurs des différentes « sections » ont été réunis *ensemble* dans le cadre des premières recherches incitatives (organisées de manière institutionnalisée, avec financements publics). Mais ces recherches sur la ville n'avaient pas vraiment le même objectif qu'aujourd'hui. Aujourd'hui, on étudie « l'objet ville » avec ses flux humains et économiques, ces processus de construction et d'interaction et depuis les années 80-90, les impacts environnementaux de ces deux premières catégories (Paillard, 2008).

Or à l'époque des années 60, l'objectif était différent : la haute fonction publique avait mobilisé les chercheurs en Sciences Humaines et Sociales pour étudier « les problèmes suscités par la modernisation de la France d'alors » ainsi que la « résistance au

changement » des villes à s'adapter à ces évolutions. C'est ainsi que se mit en place les RCP (« Recherches coopératives sur programmes ») (Paillard, 2008).

Plus précisément, au niveau organisationnel, c'est en 1960 que se créa la DGRST (délégation à la recherche scientifique et technique) avec une de ses branches : le CADES (comité d'analyse démographique, économique et social). Pour analyser les problèmes liés à la modernisation, le CADES montra une volonté d'interdisciplinarité, en se basant sur deux domaines : la biologie et les sciences humaines et sociales. On se rapproche alors de la bio-anthropologie, appliquée aux dynamiques rurales/urbaines (Paillard, 2008). Ce qui est assez éloigné des thématiques de recherches sur la ville que nous menons aujourd'hui.

On ne peut pas parler de « recherche urbaine » sans aborder le champ des « Études urbaines ». Les études urbaines sont la spécificité des agences d'urbanisme, privées ou publiques (elles travaillent alors de manière rapprochée avec les collectivités territoriales). Elles se sont mises en place à peu près à la même époque, dans les années 60, afin de préparer en amont les études destinées à préparer les décisions des élus. Nous expliquerons plus bas, dans le paragraphe dédié au rôle du chercheur en urbanisme, le lien étroit entre les chercheurs et les agences.

Si auparavant, les chercheurs venaient d'horizons différents, les années 70-80 ont vu un tournant : M. Prévôt et C. Simard (Prévôt & Simard 2008), parlent du passage d'une recherche « technocratique » à une expertise plus élargie, « collaborative », intégrant les différents acteurs : chercheurs, experts des agences d'urbanisme, cabinets privés (agences ou bureaux d'études), représentants d'association, acteurs économiques, habitants (pour la concertation). Ce mode de fonctionnement est encore celui qui est largement répandu de nos jours, en témoignent les recherches collaboratives entre collectivités territoriales et chercheurs et l'exemple de Bordeaux qui depuis son éveil avec les projets d'Alain Juppé a fait l'objet de nombreuses publications de chercheurs (Cadiou, 2008).

Ces recherches associant des acteurs de tous les horizons montrent que le chercheur, travaillant auparavant de manière isolée ou sous contrat et avec une interaction faible avec les processus de politiques publiques est devenu aujourd'hui un « associé » des grandes collectivités territoriales, dans un but d'aide à la décision, au même titre que les agences d'urbanisme (avec quelques différences cependant, voir plus bas).

Enfin, nous l'avons déjà abordé, les recherches sur la ville ont vu un autre tournant : les recherches sur « l'urbanisme durable » ont changé les pratiques, et la décennie 90 est celle de la reconnaissance avec la création de la section CNU en 1992.

Depuis, les grandes agglomérations consultent « presque » toujours des chercheurs pour travailler sur la planification urbaine et leurs projets et sur des thématiques faisant l'objet de

débats et de controverses comme le développement social des quartiers, l'étalement urbain, etc..... Pour illustrer, la Mairie de Toulouse, lors de l'élaboration de son PLU a fait appel à Françoise Rouxel (Docteur en urbanisme et urbaniste praticienne), auteur du « référentiel stratégique Rouxel et Rist », qui est une grille de questionnement pour établir un diagnostic territorial, en se basant sur des principes de développement durable.

Dans ce « réseau d'acteurs » qui lie études urbaines, recherche, politiques publiques, on peut se demander quel est clairement le rôle du chercheur, et plus précisément sa position par rapport aux professionnels des « études urbaines » que sont les agences d'urbanisme.

Une des fonctions du chercheur par rapport à l' élu, est de clarifier et de conceptualiser les phénomènes et les actions sur la ville que veut mettre en place l' élu (Cadiou, 2008). Le chercheur se doit alors de communiquer lors de réunions publiques à côté des élus ou des techniciens de la collectivité, ou doit rédiger un rapport qui sera mis à disposition du public. On est ici dans le rôle de « porte parole », et de légitimation de l'action publique. Le chercheur se fait alors théoricien et sur ces bases conceptuelles et théoriques va servir d'aide à la décision pour l' élu, puis de porte-parole.

L'autre rôle du chercheur, et certainement le plus important du point de vue scientifique, en tant que production de connaissances, est celui des analyses de phénomènes, puis de propositions d'actions. Quelles sont alors les différences avec les études menées par les agences d'urbanisme ?

M. Prévôt et C. Simard affirment que les deux travaillent ensemble : l'agence se nourrit des réflexions des chercheurs, mais parfois les agences répondent aussi aux appels d'offres des chercheurs¹¹. Aussi, A. Bourdin affirme que parfois les deux types d'organisme entrent aussi en concurrence (Bourdin, 2008 p.159). Cependant, bien souvent, les agences d'urbanisme analysent les évolutions sur leur territoire grâce aux concepts mis en avant par les organismes de recherche.

A. Bourdin tente de définir les travaux de chacune des deux parties :

- « Lorsque la question posée suppose une réelle élaboration de méthode et quelle va sans doute aboutir à une redéfinition de la question », c'est le travail du chercheur,
- Au contraire « rassembler beaucoup d'infos pertinentes en utilisant des protocoles déjà totalement au point pour apporter une réponse dont on sait au départ de quelle nature elle sera, on se trouve certainement dans le domaine des professionnels de l'étude » (Bourdin, 2008 p.159).

On peut même rajouter que l'autre différence entre les deux concerne l'objet d'étude directement : les agences d'urbanisme analysent avant tout leur territoire (l'agence de Bordeaux analyse l'agglomération Bordelaise..., afin de fournir des pistes d'action aux élus),

¹¹ Il semble qu'il s'agisse ici des agences d'urbanisme « publiques » (et non privées), qui travaillent en collaboration avec les collectivités territoriales en apportant leur savoir-faire en terme « d'études ».

tandis que la recherche a aussi pour objectif de fournir des éléments de connaissance généraux, et pas seulement limités à un territoire.

Enfin, M. Prévôt et C. Simard présentent une dernière différence tout à fait intéressante : face à l'idéalisation de la ville durable, la recherche apporterait « un principe de réalité » qui permettrait de compenser les slogans politiques souvent véhiculés par les collectivités territoriales et les agences d'urbanisme.

Les éléments les plus importants de cette partie concernent l'évolution des pratiques de recherche sur la ville, et surtout ses conséquences sur les pratiques des politiques publiques. Nous avons montré que la recherche est désormais « collaborative » et intègre tous les acteurs de l'urbain ; de plus, nous avons montré une des spécificités de ce réseau d'acteurs qui conduit des études sur la ville : elle n'est pas seulement scientifique (émanant du chercheur), elle est aussi un métier de professionnels. Les deux sont liés, et bien qu'approchantes, les méthodes et objectifs sont un peu différents.

Finalement, on peut se demander si le plus grand avantage de ce travail en réseau n'est pas de faciliter le passage d'une recherche fondamentale à une recherche appliquée ; en travaillant directement avec (et pour) les décideurs, les recherches sur la ville sont certainement plus faciles à mettre en œuvre et à expérimenter. Cela peut être vu comme une des manières de tenter de s'affranchir des contraintes liées à la complexité des systèmes urbains : le dernier maillon avant l'action étant celui de la décision politique (ou l'avant dernier si on considère les législations), intégrer ce maillon en amont des recherches permet de garantir la faisabilité des théories et actions à appliquer, ou alors (ce qui est plus réaliste dans la pratique) de pouvoir présager des difficultés d'application.

2.3.2 De la recherche sectorielle à l'interdisciplinarité de « l'urbanisme durable »... nouvelles pratiques et nouvelles attentes ?

Nous avons vu dans la partie précédente que la recherche en urbanisme est devenue pluridisciplinaire, et intersectorielle au fil du temps. Au niveau des thématiques de recherche qui se sont intéressées à la question du développement durable, et plus spécifiquement de l'environnement face à l'urbain, on observe exactement le même phénomène, mais plus tardivement (en fait avec l'arrivée du concept de développement durable).

En effet, c'est dans la seconde moitié des années 90 que le premier appel d'offres « la ville au risque de l'écologie, question à l'environnement urbain », lancé par les Ministères de l'Environnement et de l'Équipement (PUCA) a permis les premières recherches interdisciplinaires associant écologie et sciences sociales (recherches publiées dans la revue *Natures Sciences Sociétés*) (Mathieu Yh; i Yfa cbXž 2005).

Avant cela, les recherches étaient avant tout sectorielles (sur la densité, les flux..), d'autres laboratoires travaillaient sur la pertinence scientifique de l'écologie urbaine. Seul un petit nombre s'intéressait à la nature en ville en la coordonnant aux dimensions sociales, socio économiques, c'est-à-dire en tentant l'interdisciplinarité.

Aujourd'hui se développe une nouvelle pratique dans le champ de la recherche en urbanisme, celui de la modélisation. Plus que de l'analyse de phénomènes à posteriori, la modélisation, qui place la recherche urbaine dans une vision systémique, permet de pouvoir simuler des phénomènes de manière virtuelle mais réaliste, et souvent dans un but prédictif. Cela permet d'analyser des risques et des options d'urbanisme et de tenter l'optimisation sans impacter directement le territoire.

Le premier colloque français sur le sujet, qui associait aussi scientifiques, professionnels de la ville et représentants des collectivités territoriales s'est tenu récemment, en février 2011. Ce colloque intitulé « la modélisation de la ville : du modèle au projet urbain » (Ecole des Ponts ParisTech, Marne La Vallée, 23 et 24 février 2011) avait pour objectif de faire un tour d'horizon des pratiques de modélisation sur la ville et ses usages, et de permettre les échanges entre les acteurs de l'urbain.

Les grandes thématiques abordées lors du colloque balayaient la plupart des sous-systèmes de la ville :

- Environnement construit et phénomènes physiques en rapport avec les systèmes de construction, les réseaux techniques et la physique urbaine,
- Représentations et dynamiques spatiales se rapportant aux modèles de terrains, dynamiques des tissus urbains, flux de personnes, mobilités, transports urbains....,
- Anthropologie, sociologie, économie et risques incluant modes de vie, ergonomie, psychologie, risques naturels, industriels et épidémiologiques...,
- la nature et le vivant en ville ce qui se rapporte aux écosystèmes, biodiversité en ville, relation nature/citadins, etc.

En plus de ces 4 axes, sont mises en avant les nouvelles approches plus transversales qui intègrent des modélisations sur les systèmes différents en interaction (on parle de couplage). Ces approches, dites « intégrées », sont présentées comme une tendance « forte ».

Ainsi, par le biais de ce colloque approchant toutes les pratiques de modélisation, reflet de la tendance actuelle sur la recherche en urbanisme, on retrouve les évolutions que nous avons pu observer dans notre présentation historique de la recherche en urbanisme :

- une recherche de transversalité dans les pratiques : de la modélisation sectorielle vers les approches « intégrées »¹²,
- une volonté d'associer tous les acteurs de la ville à la recherche, notamment les acteurs des politiques publiques et de la manière la plus directe possible (car invités au colloque pour des présentations et mobilisés pour les débats).

A ce propos, sont ressorties pendant ce colloque, les différentes attentes des élus des villes et des collectivités lorsqu'ils commandent à un laboratoire (ou à un bureau d'étude) une modélisation :

- le besoin d'aide à la décision pour choisir une option d'aménagement,
- le besoin pour l' élu de légitimer un projet par une expertise afin de faciliter l'acceptation lors de la concertation avec le public.

L'utilisation des méthodes de modélisation des chercheurs par les décideurs semble se rapprocher des processus d'évaluation que nous avons abordé dans la présentation des évolutions juridiques du droit de l'environnement et de l'urbanisme : la loi du 10 juillet 1976 ; la loi SRU, la Directive Européenne plans et programmes ont amené une obligation de résultats sur les projets et la planification. On voit ici que les pratiques de modélisation, utilisées par les élus, et sans forcément d'obligation législative suivent une logique similaire : la légitimation du projet par le résultat, seul moyen d'en garantir l'acceptation dans notre société de plus en plus sensibilisée aux questions environnementales.

Les méthodes de la recherche urbaine et en particulier la modélisation ont aussi pour objectif de faciliter la compréhension de systèmes complexes. La partie suivante abordera ce point.

2.4 Aujourd'hui : Tenter plutôt que faire la ville durable

2.4.1 Les villes comme « objets complexes » ne facilitent pas la définition ni la mise en œuvre d'un « urbanisme durable »

La Stratégie Nationale de Développement Durable (SNDD), qui avait été réactualisée en 2006 pour être cohérente avec la Stratégie Européenne (SEDD), a été à nouveau modifiée afin de fixer des objectifs pour la période 2010-2013 (Commissariat Général au développement durable, 2010).

¹² La modélisation « sectorielle » sur la ville est déjà complexe du point de vue des variables qu'elle intègre ; la modélisation intégrée (intégrant deux à trois sous-systèmes) l'est d'autant plus. Actuellement, on est bien loin d'une modélisation complète de tous les systèmes urbains.

La SNDD présente 9 défis stratégiques, qui concernent l'ensemble des acteurs de la société :

- une consommation et une production durables,
- la société de la connaissance,
- la gouvernance,
- le changement climatique et l'énergie,
- le transport et la mobilité durable,
- la conservation et la gestion durable de la biodiversité et des ressources naturelles,
- la santé publique, la prévention et la gestion des risques,
- la démographie, l'immigration et l'inclusion sociale,
- les défis internationaux en matière de développement durable et de lutte contre la pauvreté dans le monde.

Ces 9 défis concernent aussi les acteurs publics et l'on retrouve leur transcription pour la planification spatiale et urbaine à l'article L110 du code de l'urbanisme qui fixe les grandes obligations en termes de prévision et de décisions d'utilisation de l'espace incombant aux collectivités publiques françaises. Ces prescriptions concernant l'utilisation de l'espace portent sur les contextes urbains mais aussi ruraux et sont porteuses des divers axes du « développement urbain durable » tels que la gestion économe du sol, la protection des milieux et de la biodiversité, l'utilisation économe des ressources, la rationalisation de la demande de déplacements, la satisfaction des besoins en logements, emplois, services et transports pour les populations résidentes et futures, l'équilibre entre les populations résidant en zones urbaines et rurales, la contribution à la lutte contre le changement climatique et à l'adaptation à ce changement, la santé publique, etc.

Cependant, si la législation liste les priorités (connotés « durables ») des collectivités en terme d'aménagement de l'espace et d'urbanisme, la première difficulté de la mise en œuvre concrète d'un « urbanisme durable » est liée d'abord à la complexité de la ville dans ses diverses composantes (emploi, logement, flux de transports, réseaux, formes urbaines, économie, etc.) qui interagissent entre-elles. A cette complexité, s'ajoute celle du « développement durable » dans ses différentes facettes, dont on sait aujourd'hui qu'elles sont difficiles à articuler entre-elles ; sur différentes échelles et différents contextes territoriaux, et dont la temporalité est dynamique (c'est « un objet vivant en évolution permanente » d'après (Jegou *et al.*, 2012 p.2)). Cela peut expliquer le fait qu'aujourd'hui, peu importe le pays concerné, « la notion de durabilité urbaine est devenue populaire, mais son sens reste vague » (Mori *et al.*, 2012 p.98, faisant référence à Finco et Nijkamp, 2001). Aussi, la durabilité du milieu urbain est parfois vue comme « un concept purement théorique », voire une « utopie technicienne » (Toubin *et al.*, 2012 p.3, citant Villalba,

2009)¹³, mais une utopie dont on peut néanmoins chercher à se rapprocher (Toubin *et al.*, 2012).

Face à cela, se posent plusieurs difficultés pour appliquer une politique de planification ou d'aménagement durable locale : La première est liée au choix des enjeux de « durabilité » qu'il faudra porter politiquement, en priorité. Sont-ils légitimes ? Ne défavorisent-ils pas un des piliers du développement durable ?

Ensuite, arrive le problème de la détermination de leurs effets sur l'ensemble de la ville ; la mise en place d'une politique aura-t-elle les effets escomptés ? Y aura-t-il des effets imprévus ? Comment et quand faudra-t-il les corriger ? Le paragraphe suivant, qui présente certains effets de différentes formes de villes, illustre bien ces questions.

De plus, la mise en œuvre concrète de principes « d'urbanisme durable » est de plus confrontée à d'autres difficultés : l'articulation entre les territoires qui doivent défendre des enjeux communs, les temporalités d'actions publiques qui peuvent être très variables et dépendre des échéances électorales...

L'instauration de nouvelles lignes de transports d'une agglomération dans le cadre d'un plan de déplacements est révélatrice de cette articulation à trouver : chaque commune met en avant ses atouts afin d'être la mieux desservie par le réseau et la recherche d'un consensus prend alors un temps considérable.

2.4.2 Un bon exemple d'enjeu qui ne fait pas consensus en recherche urbaine : la morphologie de ville idéale

Un exemple de ces difficultés à définir la ville durable, qui laisse la porte ouverte aux débats, concerne la forme que devrait prendre la ville la moins impactante possible en terme de durabilité urbaine, tout en restant agréable et pratique à vivre.

D'une manière générale, les modèles de villes « compactes » voire « polycentriques » sont considérés comme plus « durables » que les modèles de villes étalées. Depuis quelques années, les politiques publiques se sont engagées à lutter activement contre la périurbanisation et à favoriser le développement d'un tissu mixte, où se mêlent habitat, activités et commerces, tout en favorisant un maillage efficace du territoire par les transports en commun. Or certains auteurs tels que G. Pouyanne (Pouyanne, 2004) rappellent qu'il n'existe pas de preuve tangible de la « durabilité » supposée des modèles compacts ou polycentriques. Les travaux fondateurs de Newman et Kenworthy (Newman *et al.*, 1989a; Newman *et al.*, 1989b) ont permis d'établir l'évidence empirique en faveur de la ville

¹³ Villalba, B., 2009. « L'utopie sociale de la ville durable », EcoRev' – Revue critique d'écologie politique, consulté le 5 décembre 2012. URL : <http://ecorev.org/spip.php?article648>

compact. D'un point de vue pratique et théorique, ces constatations font aujourd'hui l'objet de controverses.

G. Pouyanne rappelle qu'un modèle compact n'est pas synonyme d'idéal écologique. La densification est susceptible d'être un facteur de congestion du trafic automobile, d'augmentation des nuisances sonores et des pollutions dans les centralités, voire de gentrification liée à la rétention urbaine et à l'augmentation des prix qu'elle suscite. De même, les modes de vie et comportements de mobilité acquis par habitude pourraient avoir un impact aussi fort que le type de forme urbaine.

La question de l'augmentation de la fréquence des voyages longue distance pour des populations résidant en zones denses par rapport aux zones qui conservent une relation plus grande à la nature et aux paysages n'est pas sans intérêt.

Le même auteur, après avoir présenté une méthode d'évaluation de la qualité supposée de la forme urbaine dense confirme « de manière robuste l'influence de la densité sur les comportements de mobilité » et tend à défendre un modèle de ville polycentrique (densités hétérogènes). Ce modèle de ville, de plus en plus répandu, « est souvent associé à une organisation plus favorable de la mobilité que dans une ville étalée et même que dans une ville monocentrique conservant l'essentiel des emplois au centre mais conservant une périurbanisation de sa population » (Mignot *et al.*, 2004 p. 3). La ville polycentrique est avant tout une ville où un réseau de TC performants relie des pôles où la mixité urbaine permet une utilisation la plus complète du pôle par ses habitants : domicile, travail, services et commerces de proximité, équipements. Dans ce modèle de ville, le centre principal de l'agglomération n'est alors plus le centre de convergence des flux internes et externes.

A. Rémy (Remy, 2005), en s'appuyant sur l'exemple de la ville de Rennes, propose une évaluation de cette forme d'urbanisation. Grâce à une ceinture verte dans laquelle s'intègrent les « satellites », la ville est dotée d'une qualité paysagère remarquable. En revanche, la structure n'est pas optimale : le système de routes radiales et le manque de connexions entre pôles ont renforcé la centralité du pôle central et la vaste ceinture verte diminue la rentabilité des transports en commun, provoquant au final une augmentation des trajets en voiture particulière.

Ainsi, il semble qu'il n'existe pas de forme de ville « idéale » qui ferait office de solution miracle. On peut désormais admettre que la forme « étalée », et ne disposant pas d'un maillage suffisant de TC et d'infrastructures routières a montré ses limites, mais les autres modèles, qu'ils soient « compacts », « denses » ou « polycentriques » ne sont pas sans amener leur lot d'effets indésirables : perception négative de la densité, problèmes de circulation en milieu dense, disparités sociales, urbanité moindre que ce qui était espéré...

Les recherches internationales tendent à confirmer ces affirmations (Williams *et al.*, 2000). Ainsi, une des conclusions de Williams et al., est qu'une forme urbaine compacte (avec des

formes variées), dotée d'une mixité fonctionnelle et sociale, pensée en fonction de la desserte en transports en commun, avec un suivi environnemental efficace et un système de gestion de la ville performant semble la forme la plus « durable ». Cependant, il faut être très prudent et ne pas tirer des conclusions trop réductrices : en effet, tout est « cas particulier » et les exemples de villes analysés (en Europe, en Australie et aux Etats-Unis) montrent qu'il y a des variantes sur les impacts de la compacité, que ce soit en termes d'enjeux impactés (social, économique, environnemental) ou de l'ampleur de ces impacts. Tout dépend en réalité du contexte géographique, social, culturel, etc. Face à cela, les auteurs préconisent la définition d'un certain nombre de variantes à expérimenter en garantissant toujours de pouvoir réadapter les scénarios. Cette complexité nécessite de mettre un peu un processus décisionnel et un dispositif de concertation avec la population performants. On ajoutera que ce processus décisionnel devrait intégrer la prise en compte d'études (telles que l'évaluation par un observatoire par exemple) afin de pouvoir se baser sur des analyses d'impacts (bilan et prospective) pour corriger les politiques mises en place. En conclusion, si « LA » solution miracle n'existe pas, les solutions « innovantes » ne doivent pas s'arrêter d'émerger. Cependant, il faut garder à l'esprit que chacune peuvent amener avec elles un certain nombre d'externalités négatives, et qu'il faut être en mesure de les évaluer et les ajuster. Il semble que l'innovation ne peut se faire sans une prise de conscience de l'ambiguïté de chaque choix et de la difficulté de gérer la complexité urbaine. Ainsi, certains enjeux nous semblent fondamentaux dans la recherche d'une amélioration de la durabilité (environnementale) urbaine :

- développer « une mobilité plus durable en perspective des crises environnementales probables (passage à l'après pétrole et effet de serre) » (Wiel, 2006 p.15), en admettant que cela a un impact plus probable sur les déplacements domicile-travail que sur les autres types de déplacements ;

- optimiser les localisations domicile-travail en admettant que les choix et situations individuelles peuvent entraver les effets de cette orientation ;

- limiter la consommation d'espace à préserver tels que les espaces naturels remarquables, agricoles...

- augmenter le nombre de logements en ville afin de répondre à la forte attractivité des agglomérations et, comme le suggère M. Wiel, de veiller à l'attractivité des zones urbaines (grâce à « l'injection d'argent public ») pour limiter la tentation du périurbain (Wiel, 2006 p.3). De plus, face à la demande périurbaine très forte, il semble aussi raisonnable de penser à une « dédensification raisonnée » ou « mesurée » (Wiel, 1999 p.73; Boutaud, 2006a) des villes, c'est-à-dire de tendre à une évolution plus raisonnée des espaces périurbains. On peut y intégrer, par exemple, des nouvelles formes d'habitats « écologiques », et un maillage efficace de transport en commun (Rérat, 2008a).

Conclusion : société, politiques publiques et planification urbaine : Vers les enjeux et outils de planification actuels

Cette première partie a rappelé que les formes que prennent les villes françaises sont le résultat des évolutions de notre société, des politiques nationales établies en réponse à ces phénomènes ou par idéologie. S'ajoutent à cela les volontés des élus locaux sur les principes de développement de leurs villes. L'émergence des problèmes des villes et la prise de conscience internationale ont conduit en France à un certain nombre d'évolutions législatives régissant la planification urbaine française. Ces évolutions lui ont donné des moyens d'être plus volontariste en matière « d'urbanisme durable », même si dans les faits, cela reste un idéal à atteindre.

La recherche en urbanisme, tout comme l'urbanisme qui de manière intrinsèque a connu un verdissement important dans les années 90, s'est rendue plus proche des politiques et des acteurs de l'urbain pour être plus opérationnelle. Avec l'objectif de faire des villes viables et de limiter leurs impacts, les pratiques de l'urbanisme tentent de concilier avec la complexité en intégrant différentes disciplines.

L'autre élément important de l'urbanisme aujourd'hui est que la recherche urbaine, lorsqu'elle est partenariale avec les grandes agglomérations françaises, suit souvent une logique d'évaluation des projets et programmes (aujourd'hui surtout par la « modélisation » qui se développe), soit par obligation réglementaire, soit par légitimation d'un projet pour en garantir l'acceptation citoyenne.

La planification urbaine a donc fortement évolué dans le fond et dans la forme au cours des dernières décennies parfois en réponse à des phénomènes urbains dont on avait mal prédit les effets. Les acteurs locaux (poussés par la législation) sont désormais conscients (voire sensibilisés) des défis urbains à relever pour garantir une qualité de vie acceptable des milieux urbains. La partie suivante présentera le système de planification français actuel et son fonctionnement.

Chapitre 2 : Le système de planification urbaine français actuel pour gérer les évolutions des villes

Ce chapitre va présenter plus en détail le système de planification français. On présentera les objectifs portés par les différents documents de planification, puis on s'intéressera à l'outil de planification urbaine des villes, que sont les Plans Locaux d'Urbanisme. On en analysera leurs objectifs, leur contenu, ainsi que les problématiques en termes de fonctionnement et d'application que l'on leur connaît. On terminera par une analyse de la portée du « développement durable » au sein de ces documents.

1. Présentation du système : articulation des outils de planification urbaine et spatiale, du spatial au local

1.1 Objectifs de la planification spatiale et urbaine

De manière générale, la planification correspond à l'action, « en vue d'un objectif global (économique, éthique, social, urbanistique), de se donner des objectifs plus ou moins précis, à priori réalisables, ainsi que les moyens et les conditions de les réaliser » (Martouzet, 2002 p.267).

On peut aussi définir la planification urbaine comme l'objet qui permet d'organiser et de contrôler les évolutions de l'occupation des sols. Basée sur la définition d'orientations de planification, elle est mise en œuvre grâce à un dispositif réglementaire.

La planification spatiale a changé au cours des décennies : autrefois technocratique et assortie d'objectifs quantifiés à atteindre, elle donne aujourd'hui plus de place à l'information, la concertation, tout en étant un processus coercitif car normatif.

De plus, « Elle s'apparente à un processus de régulation en temps réel des contraintes et opportunités d'une orientation d'aménagement » (J-M. Offner, dans Wachter *et al.*, 2000 p.60), car les SCOT et PLU s'adaptent en fonction des projets de territoire.

Ainsi, la fonction technico-rationnelle de la planification urbaine est encore présente, dans le sens où la règle technique (on parle ici des règlements de PLU), définie par l'autorité, est appliquée suite à une analyse rationnelle (scientifique) du territoire. Néanmoins, elle intègre désormais davantage l'information, la coopération et la participation des citoyens (par le biais des processus de concertation, d'enquête publique...) et elle tend à être moins technocratique et centralisatrice. C'est précisément un pas vers les formes de planification qui sont défendues aujourd'hui (Gauthier *et al.*, 2008).

Le fonctionnement du système de planification Française est présenté dans la partie suivante : on montrera les liens entre les outils et les échelles, pour enfin terminer par une présentation des grands objectifs et des enjeux autour des outils de planification urbaine locale que sont les PLU.

1.2 Le système de planification urbaine et ses différentes échelles

A partir des années 90 et du rapport Labetoulle (Conseil-d'Etat, 1992) qui dresse un bilan critique de l'urbanisme de la décennie précédente, le gouvernement cherche à corriger les erreurs liées à la décentralisation et aux faiblesses des documents issus de la loi LOF (voir le chapitre précédent, paragraphe 1.1 pour les SDAU et POS). Pour cela, le gouvernement adopte en 2000 la loi SRU qui a modifié la philosophie et la forme de la planification urbaine.

Comme auparavant, le système de planification français s'articule à deux échelles : l'échelle supra-communale et l'échelle communale (d'une ville ou de son agglomération).

Le premier outil de l'échelle supra-communale est le schéma de cohérence territoriale (SCOT). Ce document intercommunal permet aux communes ou à leurs regroupements « de mettre en cohérence et coordonner les politiques menées en matière d'urbanisme, d'habitat, de développement économique, de déplacements et d'implantations commerciales dans une perspective de développement durable » (Goze, 2007).

Ensuite, les grandes orientations de développement urbain au niveau supra communal contenues dans les SCOT s'imposent en termes de compatibilité aux PDU (Plans de Déplacements Urbains) et aux PLH (Programme Local de l'Habitat). Les PDU visent à définir, dans les périmètres de transports urbains, les principes d'organisation des transports de personnes et de marchandises, de circulation et de stationnement, avec un objectif d'usage équilibré des modes, de promotion des modes moins polluants et économes en énergie.

Les plans de déplacements urbains ont été définis dans la loi d'orientation des transports intérieurs (LOTI) du 31 décembre 1982. Leur contenu a été précisé dans la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996 (LAURE), qui les a également rendus obligatoires dans les périmètres de transports urbains inclus dans les 58 agglomérations de plus de 100.000 habitants, représentant au total plus de 70 PDU. » (CERTU)¹⁴

Concernant les objectifs et principes de la politique en matière d'habitat, ils sont définis pour au moins 6 ans par le Programme Local de l'Habitat (PLH). Cette politique vise à répondre

¹⁴ Site du CERTU : www.certu.fr

aux besoins en logements et en hébergements, à favoriser le renouvellement urbain et la mixité sociale.

A l'échelle communale, les villes disposent du Plan Local d'Urbanisme (PLU) qui doit être compatible au SCOT et aux autres PDU et PLH¹⁵.

Pour ce qui est du contenu concret du PLU, La loi Solidarité et Renouvellement Urbain (loi SRU) de 2000 a donné une autre dimension aux anciens Plans d'Occupation des Sols (POS) et Schémas Directeurs (SD) en les dotant d'un Plan d'Aménagement et de Développement Durables (PADD), qui fixe des axes de développement du territoire, de manière transversale (urbanisme, fonctions, déplacements, environnement, équipements...). La pièce qu'est le PADD s'appuie sur un diagnostic territorial, afin d'être en cohérence avec les dynamiques connues, et les atouts et faiblesses identifiés. Les orientations de développement énoncées dans le PADD sont ensuite, traduites dans le règlement du PLU, qui conditionne les constructions futures, que ce soit pour l'occupation du sol, la volumétrie, ou encore la disposition. Un zonage du territoire communal permet aussi l'adaptation des règles dictées selon la morphologie urbaine générale et les caractéristiques des espaces.

Un élément très important aujourd'hui est la question des PLU intercommunaux qui sont encouragés par la loi Grenelle 2 (voir article 9 Loi ENE du 12 juillet 2010) (CERTU, 2012), et encore plus fortement par le Projet de loi ALUR (Projet de loi pour l'accès au logement et un urbanisme rénové) porté par Cécile Duflot, Ministre de l'Egalité des Territoires et du Logement du Gouvernement Ayrault depuis le 16 mai 2012 (FNAU, mars 2013). Ces PLU sont aujourd'hui relativement rares¹⁶ (moins de 100 d'après Dubois-Maury, 2010), mais devraient se généraliser d'ici 2018. Les PLU intercommunaux doivent désormais comporter les dispositions concernant le logement, qui tiennent lieu de Programme Local de l'Habitat, et concernant les transports et déplacements, si l'Établissement Public de Coopération Intercommunal (EPCI) compétent est aussi autorité organisatrice des transports en commun. Les lois Grenelle ont aussi apporté d'autres outils destinés à favoriser la prise en compte de l'environnement et que les documents d'urbanisme (dont le PLU) doivent prendre en compte. C'est le cas des Schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE) qui rendent obligatoires les Plans climat énergie territoriaux (PCET) pour les EPCI de plus de 50.000 habitants.

¹⁵ Il existe aussi les « cartes communales », document très simplifié qui est adapté à des communes sans pression foncière, ni besoin de requalification d'espaces publics par exemple. Dès lors que l'urbanisme devient un réel enjeu communal, la faible portée en terme de règles de constructibilité de ces cartes (c'est le Règlement National d'Urbanisme général qui s'applique) peut inciter à l'élaboration d'un PLU.

¹⁶ Moins de 100 PLU intercommunaux en 2010, sur 17.000 PLU et POS, pour 55 millions d'habitants et 300.000 km² soit l'essentiel de la population (d'Après l'interview d'Etienne Crepon, directeur de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages au ministère de l'écologie, dans Gerbeau, 2011)

Pour ce qui est de la biodiversité, la loi ENE prévoit que l'Etat doit édicter des orientations nationales pour la définition des trames vertes et bleues (TVB), retranscrites à l'échelle régionales dans les SRCE (schéma régional de cohérence écologique), et qui vont conditionner le choix des outils de préservation des espaces naturels dans les SCOT et PLU.

Cette partie a dressé un tableau du système de planification Français et des dernières nouveautés amenées par la législation en termes de gestion intercommunale de l'urbanisme et d'environnement. La partie suivante va préciser les objectifs réglementaires des SCOT et PLU puis précisera les grandes « tendances » défendues par les villes françaises, notamment en termes d'orientations de planification urbaines durables.

1.3 Enjeux consensuels de la planification spatiale et urbaine

1.3.1 Rappel des objectifs réglementaires

Les objectifs de la planification urbaine, un des outils majeurs de l'action publique sont explicités dans deux articles du code de l'urbanisme, l'article L110 et l'article L121-1.

L'article L110, dont on a déjà parlé au chapitre précédent (paragraphe 2.4), explicite les obligations des collectivités publiques, gestionnaires et garantes du territoire Français dans le cadre de leurs compétences :

Le territoire français est le patrimoine commun de la nation. Chaque collectivité publique en est le gestionnaire et le garant dans le cadre de ses compétences. Afin d'aménager le cadre de vie, d'assurer sans discrimination aux populations résidentes et futures des conditions d'habitat, d'emploi, de services et de transports répondant à la diversité de ses besoins et de ses ressources, de gérer le sol de façon économe, de réduire les émissions de gaz à effet de serre, de réduire les consommations d'énergie, d'économiser les ressources fossiles d'assurer la protection des milieux naturels et des paysages, la préservation de la biodiversité notamment par la conservation, la restauration et la création de continuités écologiques, ainsi que la sécurité et la salubrité publiques et de promouvoir l'équilibre entre les populations résidant dans les zones urbaines et rurales et de rationaliser la demande de déplacements, les collectivités publiques harmonisent, dans le respect réciproque de leur autonomie, leurs prévisions et leurs décisions d'utilisation de l'espace. Leur action en matière d'urbanisme contribue à la lutte contre le changement climatique et à l'adaptation à ce changement. (L 110 Code de l'Urbanisme)

P-H. Bombenger (Bombenger, 2011) a réalisé une chronologie de l'évolution de cet article majeur. Ainsi, en 1983 les objectifs étaient ceux de la décentralisation, d'harmonisation, d'aménagement du cadre de vie, de gestion du sol de façon économe, de la protection des milieux naturels et des paysages et d'équilibre de la population. En presque 30 ans, ces objectifs ont été augmentés pas à pas. Ainsi, aujourd'hui, doivent être pris en compte les *risques naturels et technologiques* (1987) ; l'obligation *d'assurer sans discrimination aux*

populations résidentes et futures les conditions d'habitat, d'emploi, de services, de transport, répondant à la diversité de ses besoins et ressources (1991 – principe de durabilité) ; l'obligation de rationaliser la demande de déplacements (1997) ; l'obligation de réduire les gaz à effet de serre, les consommations d'énergie, d'économiser les ressources, d'assurer la préservation de la biodiversité en agissant sur les continuités écologiques, de contribuer au changement climatique (2009).

Cette chronologie montre bien la prise en compte progressive de l'environnement et des principes de « développement durable » par les collectivités territoriales. A l'origine, le seul enjeu environnemental que devaient traiter les collectivités territoriales était la protection des milieux naturels et des paysages. Désormais, les collectivités sont rendues responsables de la gestion des risques, de la qualité de l'air, de la lutte contre le changement climatique, ...

Aussi, tous ces enjeux sont présents dans l'article du Code qui précise les objectifs des documents de planification urbaine (Article L121-1, version entrée en vigueur le 19 mai 2011).

« Les schémas de cohérence territoriale, les Plans Locaux d'Urbanisme et les cartes communales déterminent les conditions permettant d'assurer, dans le respect des objectifs du développement durable :

1° L'équilibre entre :

a) Le renouvellement urbain, le développement urbain maîtrisé, la restructuration des espaces urbanisés, la revitalisation des centres urbains et ruraux ;

b) L'utilisation économe des espaces naturels, la préservation des espaces affectés aux activités agricoles et forestières, et la protection des sites, des milieux et paysages naturels ;

c) La sauvegarde des ensembles urbains et du patrimoine bâti remarquables ;

1° bis La qualité urbaine, architecturale et paysagère des entrées de ville ;

2° La diversité des fonctions urbaines et rurales et la mixité sociale dans l'habitat, en prévoyant des capacités de construction et de réhabilitation suffisantes pour la satisfaction, sans discrimination, des besoins présents et futurs en matière d'habitat, d'activités économiques, touristiques, sportives, culturelles et d'intérêt général ainsi que d'équipements publics et d'équipement commercial, en tenant compte en particulier des objectifs de répartition géographiquement équilibrée entre emploi, habitat, commerces et services, d'amélioration des performances énergétiques, de développement des communications électroniques, de diminution des obligations de déplacements et de développement des transports collectifs ;

3° La réduction des émissions de gaz à effet de serre, la maîtrise de l'énergie et la production énergétique à partir de sources renouvelables, la préservation de la qualité de l'air, de l'eau, du sol et du sous-sol, des ressources naturelles, de la biodiversité, des écosystèmes, des espaces verts, la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques, et la prévention des risques naturels prévisibles, des risques technologiques, des pollutions et des nuisances de toute nature. »

Article L121-1 du code de l'urbanisme

Les objectifs des documents de planification urbaine concernent à la fois les dynamiques des tissus urbains (renouvellement, développement, restructuration et revitalisation), la protection du patrimoine et des milieux naturels et agricoles, la qualité des espaces urbains et bâtis, la répartition équilibrée et pérenne des fonctions urbaines et rurales, la mixité sociale. Le troisième alinéa est entièrement dédié à la question environnementale au sens le plus large. Les problématiques des gaz à effet de serre et de la maîtrise de l'énergie du 3^o sont d'ailleurs apparues avec la loi ENE de 2010 :

J. Dubois-Maury (Dubois-Maury, 2010) précise que la prise en compte du développement durable et la protection environnementale ont été renforcées par la récente loi ENE. Le développement durable devient la question centrale, une hiérarchisation a été opérée, mettant au premier plan l'utilisation économe des espaces, la sauvegarde des espaces urbains remarquables et du patrimoine bâti.

Le législateur a remplacé la notion d'équilibre emploi/habitat par un équilibre géographique multifonctionnel. Enfin, la nouveauté concerne la réduction des gaz à effet de serre, la préservation des ressources naturelles et de la biodiversité.

1.3.2 Analyse des objectifs des agglomérations françaises

« L'urbanisme durable » est une notion difficile à circonscrire car elle est complexe et doit s'appliquer à des territoires qui ne le sont pas moins en termes d'enjeux et souvent d'opposition entre eux. Le champ de la recherche urbaine suit aujourd'hui toujours les mêmes objectifs : comprendre la ville dans ses interactions, prévoir ses dynamiques et, dans l'optique de faire une ville la moins impactante possible (en terme de limitation de la consommation des ressources, de protection des espaces naturels et des espèces, de protection de la qualité de vie, de réduction des nuisances, de répartition équilibrée des fonctions, etc.), prouver la légitimité des pratiques qui se développent et sont largement partagées par les villes.

Cette partie dresse un portrait synthétique de ces orientations « durables » que porte la planification des agglomérations. Rappelons qu'en France, ces objectifs sont encadrés par la législation (voir le paragraphe précédent).

Cette analyse se base sur deux types de travaux : les analyses réalisées dans le cadre du programme partenarial État-collectivités locales de recherche urbaine appelé POPSU¹⁷ (Grosjean, 2008). Dans ce cadre, les agglomérations de Lyon, Marseille-Aix, Lille, Toulouse, Bordeaux, Nantes et Montpellier ont été analysées. Dans cet article, nous ne rapporterons que les enjeux majeurs de planification qui ont été identifiés.

¹⁷ Plate-forme d'Observation des Projets et Stratégies Urbaines

La deuxième source d'information est une étude réalisée par des étudiants du département Génie des Systèmes Urbains de l'Université de Technologie de Compiègne ¹⁸. Celle-ci a consisté à comparer des plans locaux Français et étrangers, sur leur structure, les enjeux politiques portés dans le plan et leur règlement.

Les étudiants ont comparé les villes suivantes : Nantes, Bordeaux, Grenoble, Toulouse, Rennes, Lyon, Genève, Edinburgh, Munich, Aberdeen, Luxembourg, Montréal, Séville et Glasgow.

Premièrement, il ressort que les agglomérations françaises analysées par le POPSU se veulent toutes métropoles avec 2 objectifs secondaires : trouver un équilibre, et maîtriser la croissance (face aux problèmes d'étalement urbain). Elles envisagent toutes une pluri-polarité, c'est-à-dire une diversité des « centres » au sein de l'agglomération.

Les moyens de mettre en œuvre ces grandes orientations contenues dans les SCOT passent par des actions « slogans » à savoir :

- *Transformer la ville sur la ville* (dans l'objectif de maîtriser la croissance),
- *Étendre la ville par des quartiers denses et mixtes*, alternative au développement du tissu « pavillonnaire »,
- *Structurer la forme urbaine de toute l'agglomération*, au moyen de réseau de transport en commun performant et de nouvelles « polarités ».

Pour ce qui est des thématiques « environnementales » et celles relatives au développement durable portées par les agglomérations, on observe que les enjeux plébiscités par les villes sont les suivants : les transports durables, notamment avec le développement du tramway et la question de la relation entre urbanisation et réseau de transport en commun (Montpellier et Toulouse). Les villes abordent également, cette fois-ci à l'échelle de leurs plans locaux, le développement de l'intermodalité, le stationnement et la prise en compte des réseaux de transports dans les opérations d'aménagement.

D'après le POPSU, La préservation des espaces verts est la thématique privilégiée pour communiquer sur la politique de développement durable de la ville. Cela peut refléter la difficulté que nous avons déjà mentionnée concernant la mise en application concrète du « développement durable » dans la ville.

Les villes défendent à la fois la préservation des espaces verts existants et l'augmentation de la présence végétale en ville. Les « ceintures vertes » sont assez présentes, comme à

¹⁸ Projet pédagogique encadré par Philippe Dehan, Lucie Bonnet, Caroline Motta et Aurélie Prévost sur plusieurs semestres. Synthèse des analyses réalisées par les étudiants Juliette Bellego, Jean-Baptiste Fournier, Clémence Harle, Brahim Hermak, Judith Piet, Justine Robitaille, Julie Delobel, Mégane Berthet, Amandine Laumont et Florian Martins

Aberdeen, à Edinburgh et en projet à Munich. Aberdeen porte aussi le concept de trame verte et bleue et de corridors écologiques (*Green space network*), ainsi que Liège.

La gestion de l'eau, l'énergie et la qualité de l'air, sont relevées par le POPSU. De plus, en France, suite à l'instauration des Plans Climat Energie Territoriaux obligatoires pour les agglomérations de plus de 50.000 habitants par la loi Grenelle 2, la notion « d'adaptation au changement climatique » que l'on trouve déjà dans la communication des villes, risque d'être encore plus présente.

La consommation d'espace est souvent l'enjeu phare de la planification des villes. La question de la réponse à l'étalement urbain par la densification du centre est aussi récurrente, et elle implique aussi la recherche de nouvelles formes d'habitat moins consommatrices d'espace (Dublin par exemple).

Les questions concernant la mixité sociale (entre autres, Genève, Aberdeen, Séville, Glasgow, Luxembourg) et la notion transversale de qualité de vie sont aussi courantes.

Ainsi, « l'urbanisme durable » est une notion aux multiples facettes. Les pratiques dites « durables » se sont généralisées, un grand nombre d'entre elles font même consensus au-delà de nos frontières. Pourtant, bien souvent, en réalité, l'application des différents concepts n'est pas simple, comme on l'a vu au chapitre précédent (voir le paragraphe 2.4.1 du précédent chapitre). De même, les conséquences de ces pratiques, dont l'efficacité réelle est parfois incertaine (effets imprévus sur d'autres composantes de l'urbain) font que ces pratiques tiennent parfois plus de « l'expérimentation » que du « champ d'action ».

Maintenant que nous avons présenté les objectifs de la planification spatiale et urbaine en France, et le fonctionnement global du système, nous allons approfondir les spécificités de la planification urbaine à l'échelle locale.

2. La planification urbaine à l'échelle locale

Le PLU est le document d'urbanisme à l'échelle locale, porteur d'un projet pour la commune (ou l'intercommunalité), et de pièces réglementaires gérant l'organisation spatiale, l'occupation du sol et les droits à bâtir. Le paragraphe suivant présentera les différentes pièces constitutives du PLU, ce qui nous amènera ensuite à expliciter les nombreux enjeux liés à l'application des réglementations contenues dans ces plans, sur les villes.

2.1 Contenu du PLU

Les Plans Locaux d'Urbanisme comprennent 5 éléments obligatoires :

- un rapport de présentation,
- un projet d'aménagement et de développement durables,
- des orientations d'aménagement et de programmation,
- un règlement,
- des annexes.

Le rapport de présentation *explique les choix retenus pour établir le projet d'aménagement et de développement durables, les orientations d'aménagement et de programmation et le règlement (d'après L123-1-2 du CU).*

Il comprend un diagnostic *établi au regard des prévisions économiques et démographiques et des besoins répertoriés en matière de développement économique, de surfaces agricoles, de développement forestier, d'aménagement de l'espace, d'environnement, d'équilibre social de l'habitat, de transports, de commerce, d'équipements et de services (définition donnée par le Code de l'urbanisme).*

La vocation du diagnostic est de dresser un constat territorial transversal, de dégager les enjeux et les atouts et contraintes territoriales afin de définir un projet urbain adapté.

Si le code de l'urbanisme définit le cadre du diagnostic (au L123-1-2) en listant les thématiques qui doivent être abordées, le choix de la forme, de la méthode de diagnostic, des données et leur type est laissé à la collectivité.

Depuis la loi ENE de 2010, le rapport de présentation doit aussi fournir une analyse de la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers.

Enfin, le rapport de présentation comporte les pièces environnementales, dont le contenu varie selon que le PLU soit soumis ou non à l'évaluation environnementale au titre de la directive plans et programmes, (voir le chapitre 2 de la partie 2 pour plus de détails) et doit justifier les objectifs compris dans le projet d'aménagement et de développement durables au regard des objectifs de consommation de l'espace fixés, le cas échéant, par le schéma de

cohérence territoriale et au regard des dynamiques économiques et démographiques (d'après L123-1-2 du CU).

Le projet d'aménagement et de développement durables (PADD) porte le projet politique concernant le développement de la commune. *Il définit les orientations générales des politiques d'aménagement, d'équipement, d'urbanisme, de protection des espaces naturels, agricoles et forestiers, et de préservation ou de remise en bon état des continuités écologiques.*

Il arrête les orientations générales concernant l'habitat, les transports et les déplacements, le développement des communications numériques, l'équipement commercial, le développement économique et les loisirs, retenues pour l'ensemble de l'établissement public de coopération intercommunal ou de la commune.

Il fixe des objectifs de modération de la consommation de l'espace et de lutte contre l'étalement urbain (d'après L123-1-3 du CU). La loi ENE a modifié les objectifs des PADD en donnant une plus grande importance au développement durable.

Le règlement du PLU doit traduire les orientations contenues dans le PADD. Les pièces règlementaires sont graphiques et écrites.

Le règlement contient un découpage de la commune en 4 zones : les zones N (naturelles et forestières), A (agricoles), U (urbaines) et AU (à urbaniser).

Les zones N (R123-8) sont *les secteurs à protéger en raison soit de la qualité des sites, milieux et espaces naturels, des paysages et de leur intérêt, notamment du point de vue esthétique, historique ou écologique ; soit de l'existence d'une exploitation forestière ; soit de leur caractère d'espaces naturels.*

Les zones N sont des zones dédiées à la protection des milieux, et sont donc par essence inconstructibles.

Les exceptions admises concernent les constructions et installations nécessaires à l'exploitation agricole et forestière, ou les constructions et installations nécessaires à des équipements collectifs ou à des services publics, dès lors qu'elles ne sont pas incompatibles avec l'exercice d'une activité agricole, pastorale ou forestière dans l'unité foncière où elles sont implantées et qu'elles ne portent pas atteinte à la sauvegarde des espaces naturels et des paysages.

Les zones A (R123-7) concernent *des secteurs à protéger en raison du potentiel agronomique, biologique ou économique des terres agricoles.* De la même manière que les zones N, les zones A ont une vocation protectrice et sont donc inconstructibles, *à l'exception des constructions et installations nécessaires à l'exploitation agricole ; et des constructions et*

installations nécessaires à des équipements collectifs ou à des services publics, dès lors qu'elles ne sont pas incompatibles avec l'exercice d'une activité agricole, pastorale ou forestière dans l'unité foncière où elles sont implantées et qu'elles ne portent pas atteinte à la sauvegarde des espaces naturels et des paysages.

Les zones U sont les zones dites « urbaines », c'est-à-dire correspondant à des secteurs déjà urbanisés et ceux où il y a des équipements publics existants ou en cours de réalisation qui ont une capacité suffisante pour desservir les constructions à implanter.

Les zones AU sont les zones « à urbaniser » (R123-6), et correspondent aux secteurs à caractère naturel de la commune destinés à être ouverts à l'urbanisation.

Lorsque les voies publiques et les réseaux d'eau, d'électricité et, le cas échéant, d'assainissement existant à la périphérie immédiate d'une zone AU ont une capacité suffisante pour desservir les constructions à implanter dans l'ensemble de cette zone, les orientations d'aménagement et de programmation et le règlement définissent les conditions d'aménagement et d'équipement de la zone. Les constructions y sont autorisées soit lors de la réalisation d'une opération d'aménagement d'ensemble, soit au fur et à mesure de la réalisation des équipements internes à la zone prévus par les orientations d'aménagement et de programmation et le règlement.

Lorsque les voies publiques et les réseaux d'eau, d'électricité et, le cas échéant, d'assainissement existant à la périphérie immédiate d'une zone AU n'ont pas une capacité suffisante pour desservir les constructions à implanter dans l'ensemble de cette zone, son ouverture à l'urbanisation peut être subordonnée à une modification ou à une révision du Plan Local d'Urbanisme.

Si le code de l'urbanisme prévoit 4 grandes types de zones, chaque commune est libre d'indiquer ces 4 classements afin d'obtenir autant de zones U, AU, N, A qu'il y a de tissus urbains. Chaque sous zone peut en effet porter un règlement écrit spécifique, adapté à chaque morphologie urbaine.

D'autres éléments graphiques peuvent venir compléter le zonage réglementaire afin de garantir des projets d'intérêt public : c'est le cas des espaces boisés classés (L130-1), des éléments à protéger (L123-1-5 7°), des emplacements réservés aux voies et ouvrages publics, aux installations d'intérêt général ainsi qu'aux espaces verts (L123-1-5 8°), des terrains cultivés à protéger (L123-1-5 9°), les périmètres destinés à geler la constructibilité pendant 5 ans dans l'attente d'un projet (L123-2 a), les emplacements réservés pour le logement social (L123-2 b), etc.

Les règles propres à chacune des 4 zones sont aujourd'hui au nombre de 16. Traditionnellement 14 étaient prévues par le code, mais la loi ENE en a rajouté deux

dernières, 15° et 16° (voir encadré ci-dessous)¹⁹. Deux seulement sont obligatoires : l'article 6 relatif à l'implantation du bâti par rapport à la voie, et l'article 7 relatif à l'implantation par rapport aux limites séparatives.

Le règlement peut comprendre tout ou partie des règles suivantes :

- 1° Les occupations et utilisations du sol interdites ;
- 2° Les occupations et utilisations du sol soumises à des conditions particulières ;
- 3° Les conditions de desserte des terrains par les voies publiques ou privées et d'accès aux voies ouvertes au public ;
- 4° Les conditions de desserte des terrains par les réseaux publics d'eau, d'électricité et d'assainissement, ainsi que, dans les zones relevant de l'assainissement non collectif délimitées en application de l'[article L. 2224-10 du code général des collectivités territoriales](#), les conditions de réalisation d'un assainissement individuel ;
- 5° La superficie minimale des terrains constructibles, lorsque cette règle est justifiée par des contraintes techniques relatives à la réalisation d'un dispositif d'assainissement non collectif ou lorsque cette règle est justifiée pour préserver l'urbanisation traditionnelle ou l'intérêt paysager de la zone considérée ;
- 6° L'implantation des constructions par rapport aux voies et emprises publiques ;
- 7° L'implantation des constructions par rapport aux limites séparatives ;
- 8° L'implantation des constructions les unes par rapport aux autres sur une même propriété ;
- 9° L'emprise au sol des constructions ;
- 10° La hauteur maximale des constructions ;
- 11° L'aspect extérieur des constructions et l'aménagement de leurs abords ainsi que, éventuellement, les prescriptions de nature à assurer la protection des éléments de paysage, des quartiers, îlots, immeubles, espaces publics, monuments, sites et secteurs à protéger mentionnés au h de l'[article R. 123-11](#) ;
- 12° Les obligations imposées aux constructeurs en matière de réalisation d'aires de stationnement compatibles, lorsque le Plan Local d'Urbanisme ne tient pas lieu de plan de déplacements urbains, avec les obligations définies par le schéma de cohérence territoriale en application des deuxième à quatrième alinéas de l'[article L. 122-1-8](#) ;
- 13° Les obligations imposées aux constructeurs en matière de réalisation d'espaces libres, d'aires de jeux et de loisirs, et de plantations ;
- 14° Le coefficient d'occupation du sol défini par l'[article R. 123-10](#) et, le cas échéant, dans les zones d'aménagement concerté, la surface de plancher nette dont la construction est autorisée dans chaque îlot ;
- 15° Les obligations imposées aux constructions, travaux, installations et aménagements, en matière de performances énergétiques et environnementales ;
- 16° Les obligations imposées aux constructions, travaux, installations et aménagements, en matière d'infrastructures et réseaux de communications électroniques.

D'après l'article R123-9 du Code de l'Urbanisme

¹⁹ La prochaine loi ALUR (gouvernement Ayrault) devrait amener prochainement à la suppression du COS et de l'article 5.

La fonction du règlement est de traduire règlementairement les orientations très transversales du PADD, qui n'est autre que le projet politique pour la ville, tout en veillant à prendre en compte les prescriptions supra-communales et les objectifs législatifs. Or on comprend bien que le champ d'action du règlement (droits à bâtir, fonctions urbaines, zonage et organisation spatiale) ne permet pas forcément une traduction exhaustive de tous les enjeux politiques qui pourraient être énoncés dans le PADD. Soit le PADD dépasse le cadre du PLU (volonté d'afficher des actions politiques qui dépassent le cadre du PLU), soit les orientations du PADD, complexes, nécessitent de faire des choix règlementaires (voir partie suivante). Certaines orientations seront directement traduites, comme par exemple une évolution de la densité sur une zone ou le maintien du patrimoine bâti. D'autres seront plus légèrement abordées par le biais d'outils règlementaires qui ont un impact moindre, et/ou le PLU s'attachera surtout, de part ses règles, à ne pas gêner leur instauration par d'autres outils de politique publique mieux adaptés. Ce problème de traduction de l'ensemble des objectifs du PADD, concerne d'ailleurs plus largement les objectifs des PLU énoncés à l'article L121-1 du code de l'urbanisme (issu de la loi SRU), et que l'on retrouve dans les PADD. Inserguet entrevoit même « un décalage assez net avec le contenu des règles qu'il est possible d'insérer dans le PLU » (Inserguet, 2012 p.3).

Pour revenir à la portée des règles, le paragraphe 2.3 montrera aussi que d'autres dispositions prévues par le règlement peuvent aller en faveur de la densité et de la mixité sociale (article L123-1-5 relatif au règlement du PLU, notamment le 13° pour la densité à proximité des transports en commun, le 14° pour les performances énergétiques, les 15° et 16° pour la diversité et la mixité de l'habitat) ainsi que les dispositions permettant d'augmenter la constructibilité (bonus de constructibilité), sous réserve de performances énergétiques ou de mixité sociale (L127-1 et L128-1).

Les Orientations d'Aménagement et de Programmation (OAP – introduites par la loi ENE) sont une version développée des anciennes « Orientations d'Aménagement » des PLU, qui étaient facultatives²⁰ (Jacquot, 2012a). Elles sont compatibles avec les orientations du PADD, et opposables aux tiers, dans un rapport de compatibilité avec le permis de construire. Elles sont de 3 types, comprenant des dispositions portant sur l'aménagement, l'habitat, les transports et les déplacements.

Les OAP habitat *définissent les objectifs et les principes d'une politique visant à répondre aux besoins en logements et en hébergements, à favoriser le renouvellement urbain et la mixité sociale et à améliorer l'accessibilité du cadre bâti aux personnes handicapées en assurant entre les communes et entre les quartiers d'une même commune, une répartition équilibrée et diversifiée de l'offre de logements* (L123-1-4 du CU).

²⁰ Elles datent de la loi Urbanisme et habitat du 2 juillet 2003.

Si le PLU est intercommunal (avec la loi ENE, le PLU intercommunal devient le PLU de droit commun, même si aujourd'hui ils sont en développement), *l'OAP habitat tient lieu du programme local de l'habitat et devient obligatoire* (Jacquot, 2012a).

Les OAP transports et déplacements *définissent l'organisation des transports de personnes et de marchandises, de la circulation et du stationnement. Elles sont obligatoires et tiennent lieu de plan de déplacements urbains lorsque le PLU est approuvé par un EPCI compétent pour l'organisation des transports urbains.*

Les OAP aménagement, contiennent des orientations pouvant définir les actions et opérations nécessaires pour mettre en valeur l'environnement, les paysages, les entrées de ville et le patrimoine, lutter contre l'insalubrité, permettre le renouvellement urbain et assurer le développement de la commune.

Elles peuvent comporter un échéancier prévisionnel de l'ouverture à l'urbanisation des zones à urbaniser et de la réalisation des équipements correspondants.

Elles peuvent porter sur des quartiers ou des secteurs à mettre en valeur, réhabiliter, restructurer ou aménager.

Elles peuvent prendre la forme de schémas d'aménagement et préciser les principales caractéristiques des voies et espaces publics.

Ces OAP aménagement n'ont pas de caractère obligatoire, contrairement aux OAP portant sur l'habitat ou les transports et les déplacements pour les PLU intercommunaux (Jacquot, 2012a).

Les OAP aménagement définissent des orientations opposables aux tiers dans un rapport de compatibilité, « ce qui laisse aux maîtres d'ouvrage une marge de manœuvre pour réaliser l'action ou l'opération d'aménagement plus ou moins importante selon la nature des projets et le degré d'avancement des études » (Jacquot, 2012b p.5). Si les orientations de l'OAP sont opposables aux tiers, il n'y a pas de hiérarchie entre l'OAP et le règlement de zone. Le règlement fixe des normes dans un rapport de conformité tandis que l'OAP définit des grands principes le plus souvent de manière graphique (schéma), accompagnés d'une description littéraire.

La relation entre les principes énoncés de l'OAP et le règlement de la zone ou des zones (dans lesquelles se trouve l'OAP) est un mécanisme qui peut rapidement devenir compliqué à appliquer dans le cadre de l'instruction des permis de construire. Par exemple, on peut prévoir sous l'emprise de l'OAP un zonage et règlement assez laxiste en termes de règles, afin :

- de laisser les orientations de l'OAP cadrer les éventuels projets privés (si l'OAP est prévue pour cadrer l'urbanisme privé). Mais dans ce cas on laisse place à une certaine marge de manœuvre pour la réalisation des projets, car les OAP ne donnent que des orientations,

non strictes (par exemple, en termes de hauteur, elle peut prévoir des « fourchettes » de hauteur),

- de se laisser le temps d'affiner un zonage et un règlement selon l'avancement des études, dans le cadre d'une OAP avec projet public.

Cela est un exemple, et bien entendu, la relation entre orientations de l'OAP et règles d'urbanisme peut être différente car le règlement peut être bien entendu strict, et en cohérence avec les orientations de l'OAP. L'OAP peut en effet être utilisé comme complément au règlement, ce dernier ne pouvant pas réglementer, par exemple, le caractère individuel ou collectif des constructions à usage d'habitation.

L'échéancier prévisionnel de l'ouverture à l'urbanisation des zones à urbaniser et de la réalisation des équipements correspondants est une nouveauté si on compare avec les anciennes orientations d'aménagement. Il amène des questions quant au phasage d'une opération et un programme d'équipements global sur l'emprise de l'OAP. En effet, pourrait-il arriver qu'il soit demandé un certain nombre d'équipements de manière globale sur l'OAP, que rien ne soit construit dans les premières phases et que ce soit aux derniers à bâtir que revienne la plus grande partie de ces équipements à réaliser ? Les futurs retours d'expérience sur la mise en place des OAP devront certainement amener des éléments de réponse.

La dernière « pièce » du PLU est celle qui contient les annexes. Ce sont des documents à vocation informative, et qui n'en sont pas moins importants, car certains d'entre eux précisent d'autres contraintes ayant une influence sur la constructibilité. Ces contraintes « supplémentaires » émanent soit du PLU lui-même, soit du code de l'urbanisme, soit de législations extérieures à l'urbanisme (Soler-Couteaux, 2012). Certaines proviennent en effet des différents services de l'Etat. Ainsi, « les annexes participent de l'idée que toute personne qui consulte le PLU doit pouvoir y lire et disposer de toutes les contraintes opposables sur le sol » (Soler-Couteaux, 2012 p.3).

Les annexes concernent entre autres, les périmètres des secteurs sauvegardés²¹, des ZAC, des zones de préemption, de plan des zones à risque d'exposition au plomb, etc. (R123-13). Elles concernent aussi : les servitudes d'utilité publique dont la liste des servitudes d'utilité publique affectant l'utilisation du sol²² (figurant sur une liste dressée par décret en conseil d'Etat), la liste des lotissements de plus de 10 ans dont les règles ont été maintenues, le plan d'exposition au bruit, les dispositions d'un projet de plan de prévention des risques naturels ou minier, etc. (R123-14).

²¹ Un Plan de Sauvegarde et de Mise en Valeur (PSMV) définit des règles pour ces « secteurs sauvegardés » qui ont un caractère patrimonial ou esthétique fort. PLU et PSMV sont autonomes, même si le PSMV doit être compatible avec le PADD du PLU. Voir (Planchet, 2012)

²² Un exemple de servitude d'utilité publique, à vocation de protection du patrimoine est l'AVAP (Aire de Mise en Valeur de l'Architecture et du Patrimoine), qui remplace les anciennes ZPPAUP. Les AVAP sont annexées au PLU en tant que servitudes d'utilité publique.

Le schéma ci-dessous (figure 3) résume le contenu global du PLU.

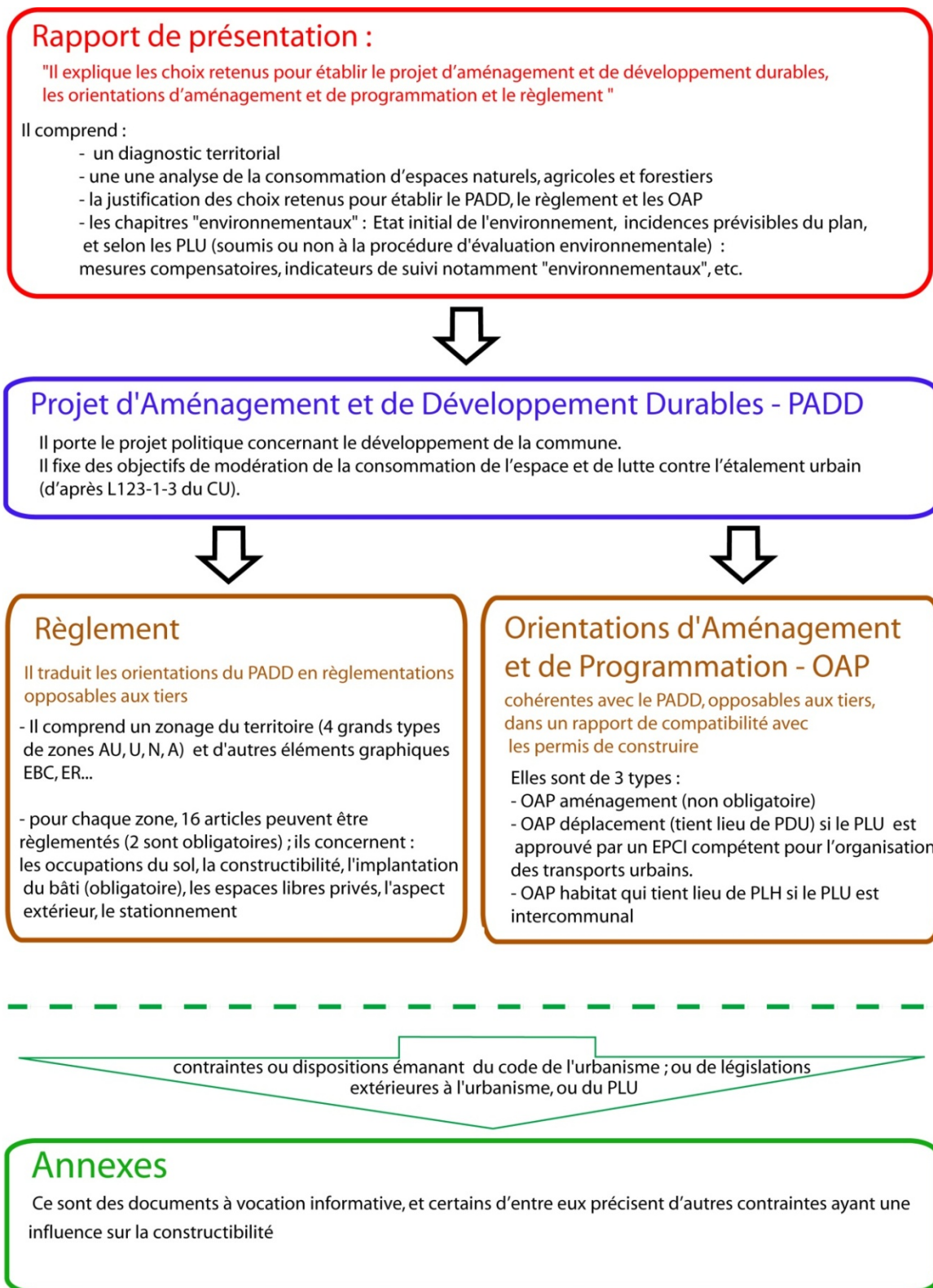


Figure 3. Contenu global du PLU

2.2 Les difficultés de la mise en œuvre locale

2.2.1 Difficultés à transposer l'orientation spatiale à l'échelle locale

La partie précédente a explicité le contenu du PLU, dont les pièces majeures sont un projet d'aménagement et de développement durables et un règlement, qui doivent être tous deux compatibles avec les orientations définies par le SCOT à une autre échelle. Néanmoins, la traduction ou la prise en compte de ces orientations d'une échelle à une autre n'est pas simple, et amènent parfois à des dysfonctionnements.

On peut relever trois grandes raisons qui expliquent les difficultés à transposer des orientations de planification spatiale à l'échelle communale :

- la concurrence entre communes,
- les différentes compétences détenues par les communes et EPCI,
- la difficulté de traduire des orientations spatiales à l'aide des outils dont disposent les PLU.

La planification urbaine est une compétence communale depuis la loi de décentralisation de 1982. Nous avons vu au paragraphe 1.2.3 du chapitre 1 que, si la décentralisation a permis aux élus la réappropriation de l'aménagement de leur territoire, elle a aussi été accusée de provoquer un effet de concurrence entre les communes concernant les équipements, et des conflits sur les politiques à mettre en œuvre à l'échelle de l'intercommunalité.

De manière générale, et si on questionne aujourd'hui les difficultés liées aux intercommunalités (dont la métropole), « le passage vers l'action avec la mise en œuvre de politiques métropolitaines est possible mais les acteurs choisissent souvent d'éviter ou de contourner les questions les plus conflictuelles. [...] il y a ainsi une difficulté à traiter la question de la régulation de l'usage des sols, à discuter du modèle de développement à adopter, à traiter des aspects redistributifs (économiques, sociaux, fiscaux,...) de l'aménagement du territoire ou encore de la localisation et de la réalisation d'équipements métropolitains potentiellement conflictuels (l'incinérateur ou les lignes de trains,...) » (Douay, 2009 p.10).

Ces problèmes sont très concrètement révélés par les difficultés relatives à la mise en place des périmètres de SCOT (voir Douay, 2009 , qui donne l'exemple de l'aire urbaine de Marseille) ; puis à la définition des orientations d'aménagement à cette échelle. Le manque d'arbitrage supérieur des conflits entre communes au moment de la définition du projet de SCOT peut d'ailleurs être vu comme responsable du manque d'ambition de certains de ces documents de planification (Jourdan, 2011).

Cette difficulté qu'ont les élus des communes à, d'abord, se mettre d'accord sur un périmètre de SCOT (qui sera accepté par le Préfet), puis à élaborer ensemble un projet de territoire cohérent est aussi révélée par la difficulté et la lenteur d'instauration de ces documents. En effet, 7 ans après la loi SRU de 2000, on comptait seulement 27 SCOT approuvés, 12 projets de SCOT arrêtés (DGUIHC, 2007). En 2009, on comptait 82 SCOT approuvés, couvrant un territoire de 3563 communes pour 10,5 millions d'habitants seulement, avec un assez grand nombre de schémas directeurs toujours existants (Dubois-Maury, 2010). Enfin, le dernier recensement des SCOT du 1^{er} janvier 2012 montre que 142 SCOT sont approuvés, pour 6 592 communes (18% environ des communes) et 18,9 millions d'habitants, ce qui reste toujours relativement peu. Pour ce qui est de l'avenir, il y a avait, toujours au premier janvier, 43 projets de SCOT arrêtés, 144 SCOT dont l'élaboration avait été engagée, et 61 périmètres de SCOT dont le périmètre avait été publié. Le tout donne, au 1^{er} janvier 2012, 390 SCOT approuvés ou en étude ou en projet²³, ce qui couvre 19.522 communes (53% des communes du pays), 44,7 millions d'habitants (68% de la population) et 274.920 km² (environ 43% du territoire) (Fédération Nationale des Scot, 2012).

La deuxième raison qui ne facilite pas la traduction des orientations de planification d'une échelle à une autre, est la gestion des compétences propres à ces différentes échelles. En effet, comme le dit Jourdan, les orientations du SCOT se limitent à des vœux pieux lorsqu'elles concernent un champ de compétence qui n'est pas directement maîtrisé par les communes et structures intercommunales (exemple du transport ferroviaire régional) (Jourdan, 2011) ; chaque commune donnant priorité aux compétences qui lui sont données avant de s'atteler à traiter des enjeux définis à un niveau supérieur.

Enfin, les outils donnés aux communes par le biais des PLU ne sont pas toujours adaptés à la traduction sur un territoire qui gère des droits à bâtir à l'échelle de la parcelle. Inserguet affirme ainsi que « certains documents hiérarchiquement supérieurs aux PLU, comme les SCOT, peuvent comporter des dispositions qu'il apparaît difficile de traduire dans un règlement de PLU »²⁴ (Inserguet, 2012 p.3).

Dans la pratique, ce problème d'outils réglementaires s'ajoute souvent, ou est symptomatique, du problème lié à la concurrence entre les communes.

La règle dite des « 15 km » reflète bien cette difficulté à gérer la complexité entre échelles, en termes d'outils de gestion de la constructibilité et de concurrence. En effet, La règle dite "d'urbanisation limitée" a été instituée pour inciter les communes périurbaines (autour des

²³ Comprend les périmètres de SCOT arrêtés, les SCOT dont l'élaboration est engagée, les SCOT dont le projet est arrêté, et les SCOT approuvés au 1^{er} janvier 2012.

²⁴ Il en allait de même pour les enjeux énoncés à l'article L121-1 du code de l'urbanisme, fixant les objectifs des documents de planification urbaine, d'après (Inserguet, 2008).

agglomérations de plus de 50.000 habitants), ou en bordure du littoral, à réaliser des SCOT et ainsi maîtriser leur urbanisation à l'échelle intercommunale (DGUIHC, 2007). De ce fait, depuis le 2 juillet 2003, la loi "Urbanisme et Habitat" prévoit qu'en l'absence de périmètre SCOT appliqué, les communes situées à moins de 15 km d'une agglomération de plus de 50.000 habitants ou à moins de 15 km de la mer ne pourront plus modifier ou réviser leur PLU en vue d'ouvrir à l'urbanisation leurs zones naturelles et d'urbanisation future (article L122.2 du code de l'urbanisme). On connaît aujourd'hui l'effet pervers de cet outil : les terrains étant inconstructibles dans la zone des 15 km autour de l'agglomération, la pression foncière se fait plus forte sur les communes situées immédiatement au-delà des 15 km, ce qui favorise un étalement urbain plus important (Helluin, 2006). Si l'idée de base est légitime, les conséquences reflètent bien l'imprévisibilité des dynamiques sur les différents territoires.

Pour les difficultés relatives aux outils de la planification urbaine, prenons l'exemple des programmes locaux de l'habitat. La traduction des objectifs chiffrés d'un PLH en termes de répartition équilibrée de nouveaux logements et de logements sociaux sur un territoire plus large que communal implique ensuite de définir des objectifs chiffrés par commune (ou de ses parties). Or, planifier une augmentation du nombre de nouveaux logements implique de pouvoir localiser les secteurs où un potentiel de nouveaux logements existe, et surtout, de modifier les droits à bâtir (donnés par les règles du PLU) en conséquence, que ce soit dans le cadre des opérations (ZAC, lotissements ou projets d'ensemble type OAP) ou des évolutions dans le tissu diffus (urbanisme privé, au coup par coup). Cela implique que la mise en cohérence entre les objectifs localisés par le PLH et la traduction en terme de localisation et de droit à bâtir définis dans le PLU doit être réalisée en amont et finement, ce qui n'est pas toujours le cas en pratique au sein des collectivités. Le problème doit se poser de la même façon pour localiser au PLU les emplacements réservés pour du logement social en réponse au PLH.

Ce problème semble être transposable de la même manière pour les nouvelles Trames Vertes et Bleues imposées par la loi Grenelle, qui sont définies à l'échelle régionale dans les SRCE (Schémas Régionaux de Cohérence Ecologique), et qui doivent être reprises dans les SCOT puis traduites au sein des PLU. L'enjeu est de taille quand il s'agit de retrouver les continuités écologiques qui ont été prévues au sein d'une commune déjà dense (Cormier *et al.*, 2010).

La gestion des échelles en planification spatiale et urbaine est un enjeu de planification à elle seule. S'ajoute à cela le caractère imprévisible des territoires qui nécessitent d'avoir la vision la plus large sur les effets possibles des orientations et des règles qui sont actées.

2.2.2 L'orientation et la règle ne sont pas déterministes

Les dynamiques urbaines, notamment le renouvellement urbain, donnent à la planification un caractère parfois imprévisible.

Cette notion d'indéterminisme de la planification face aux dynamiques urbaines intrinsèques doit constituer un préalable lorsqu'on s'intéresse aux effets de la planification. En plus de sa présence dans la définition d'objectifs, il faut en tenir compte dans le cas où les évolutions sont en cohérence avec la stratégie définie : on ne doit pas considérer la planification comme cause certaine de ces effets, mais comme facteur potentiel d'évolution.

La relation de cause à effet d'une orientation de planification n'est donc pas automatique. La complexité des systèmes urbains et leurs interactions, la cohabitation entre un espace physique et des dynamiques anthropomorphiques ne garantissent pas la (re)production de phénomènes (Martouzet, 2002). Ainsi, la divergence entre les évolutions urbaines réelles et l'orientation de planification doit justement permettre de prendre conscience de la complexité des interactions entre les variables urbaines et humaines.

Le règlement du PLU est un moyen concret de mettre en œuvre les stratégies de développement urbain. Pour autant l'analyse du règlement ne peut omettre l'hypothèse d'une évolution urbaine différente de l'évolution réglementaire dont nous parlions précédemment. Cela se manifeste par une double réponse entre environnement urbain et règlement d'urbanisme. En effet, nous savons qu'à court ou moyen terme, les règles d'occupation du sol conditionnent les évolutions d'un espace à partir de l'analyse de ses caractéristiques (Vigo, 2000). La planification semble donc avoir un effet top-down à court terme sur le territoire, même si cet effet ne peut être considéré comme systématique et inéluctable. Par exemple, augmenter la hauteur réglementaire maximale sur une zone implique normalement après un certain temps une augmentation des hauteurs moyennes ; mais on peut aussi imaginer une stagnation de ces hauteurs, voir une diminution de la hauteur moyenne des nouvelles constructions, pour des raisons économiques par exemple (en terme de financement de projets privés).

De plus, il faut garder à l'esprit que les règlements d'urbanisme traduisent aussi la nécessité de répondre à l'environnement urbain et ses évolutions : les modifications des règlements des documents d'urbanisme surviennent parfois pour ré-adapter les règles selon les formes qui ont émergé, en les rendant à nouveau cohérentes avec les orientations de planification.

Ainsi, Marie Burkart précise les objectifs de ces modifications réglementaires : pour les cas qu'elle a étudiés, les règles (dans ce cas le COS) « sont modifiées pour s'adapter aux tendances du marché immobilier ou pour contrer une évolution non souhaitée » (Burkart,

1999 p.33). On voit bien que l'effet est double : adaptation du règlement aux dynamiques urbaines ou contraintes morphologiques réglementaires applicables au territoire.

Frédéric Rousseaux propose une méthode pour mesurer l'impact des documents d'urbanisme sur la maîtrise de l'étalement urbain, méthode appliquée à la commune de La Rochelle (Rousseaux, 2009 p. 17). Sa conclusion est la suivante : « Il apparaît beaucoup plus difficile d'observer les impacts qu'ont les très nombreuses modifications successives des plans d'occupation des sols sur les surfaces construites par période [...]. Il s'agit le plus souvent d'accommodations effectuées par des modifications au coup par coup, projet par projet. [...] La règle de droit évolue donc avec la ville. »

F. Rousseaux observe donc en priorité un effet de la ville elle-même sur le règlement.

En conclusion, on retiendra un certain nombre de cohérences entre règles urbaines et formes urbaines mais nous ne pouvons pas en déduire qui est davantage moteur : les évolutions urbaines qui provoquent l'adaptation des règles (d'où la corrélation) ou les modifications réglementaires qui font évoluer l'urbain. De ce fait, nous faisons l'hypothèse que les deux effets existent, sans pouvoir en déterminer réellement la proportion.

L'effet des PLU n'est pas toujours systématique, et les règles évoluent aussi avec la ville. Cependant, lorsque les règles contraignent dans une relation de cause à effet le bâti et l'espace (ce qui est souvent le cas à court terme), elles agissent de manière concrète.

La partie suivante abordera le fonctionnement complexe des règlements et les possibilités d'amélioration. Enfin, le paragraphe 2.3 montrera que malgré ces enjeux et difficultés, le PLU dispose de nombreux outils pour mettre en œuvre les principes du « développement durable » au sein des villes.

2.2.3 La complexité et la normativité : de l'urbanisme réglementaire à l'urbanisme de projet

Premièrement, on observe une superposition des dispositions applicables aux permis de construire au sein des PLU. En effet, ils peuvent contenir : un règlement et un zonage (pièces réglementaires principales), des OAP, et dispositions relevant de l'État tels que les Plans de Préventions des Risques, etc. Cette « dissémination » au sein du PLU ne facilite évidemment pas la compréhension du fonctionnement du plan et des possibilités en terme de droits à bâtir par les citoyens.

Pour ce qui est maintenant des règlements, le même problème de lecture et d'articulation peut se poser car ils peuvent contenir des dispositions spécifiques « pour chaque zone », mais aussi des dispositions communes à toutes les zones. Au final, ils sont jugés extrêmement complexes, tant au niveau de l'écriture des différents articles contenus dans le

règlement (ce sont des règles de droit qui peuvent être difficile à comprendre par les citoyens), que de la relation entre ces articles. Cela rend d'ailleurs leurs conséquences en termes de formes bâties et de paysage urbain parfois difficile à anticiper.

Plus précisément, pour chaque zone du plan, il y a 16 articles mobilisables pour contraindre la destination, l'aspect, l'implantation, la volumétrie, les abords, le raccordement aux réseaux des constructions futures, mais seuls deux sont obligatoires²⁵ : ceux qui conditionnent l'implantation par rapport à la voie et par rapport aux limites séparatives. Cependant, tous les PLU en utilisent au moins une dizaine, dans un but de maîtriser l'urbanisme le plus possible. Cette difficulté à lire les règlements et à comprendre leurs impacts est accrue par la ville elle-même, toujours mouvante. Ainsi, les difficultés liées aux PLU sont avant tout dues à l'abondance réglementaire et à l'utilisation très répandue de la règle quantitative (Godfrin, 2011). Certains des traditionnels 14 articles ont par ailleurs été largement critiqués : l'article 5 relatif à la superficie minimale des terrains constructibles a été « rejeté par les élus des grandes agglomérations en ce qu'elle s'oppose à l'utilisation optimale des sols encore disponibles et au renouvellement des tissus urbains [...] par ailleurs, cette règle est fréquemment suspectée d'être instrumentalisée au profit de politiques sociales ségrégatives (Pérignon, 2012a p.1) ».

La règle du coefficient d'occupation des sols (article 14) a été aussi largement critiquée car elle est complexe à mettre en cohérence avec les autres règles morphologiques (hauteur, implantation). Elle ne laisse pas présager d'une réelle forme bâtie (il s'agit de manière simplifiée d'un ratio surface bâtie/surface du terrain) et elle a pour conséquence indirecte d'imposer des surfaces de terrains élevées pour pouvoir construire, si le COS fixé est bas (Pérignon, 2012b).

Enfin, l'article 11 portant sur l'aspect extérieur des constructions et de leurs abords a fait l'objet d'une étude ministérielle (Wellhoff *et al.*, 2010) ; il en ressort qu'il peut être utilisé par les communes afin de favoriser le régionalisme et qu'il favoriserait la banalité dans les tissus diffus (l'innovation architecturale s'observerait uniquement dans le haut de gamme et le logement social). De plus, dans les grandes communes, il y a des prescriptions et recommandations spécifiques (ce qui n'est pas le cas des petites communes où l'article R111-21 est largement paraphrasé) mais ces prescriptions sont rarement basées sur une analyse fine des quartiers (Wellhoff *et al.*, 2010).

²⁵ La question de l'obligation de réglementer le stationnement (article 12 des PLU) se pose aussi, sans certitude, en terme de fixation, par le règlement, « d'un nombre maximum d'aires de stationnement à réaliser lors de la construction de bâtiments à usage autre que d'habitation. » Voir article R123-9 du code de l'urbanisme, rédaction issue du décret 2012-290 du 29 février 2012. (Pittard, 2012).

De même, la prise en compte des dispositions du SCOT en termes de normes minimales ou maximales à appliquer (issu de la loi ENE de 2010) et du PDU (réduction ou suppression des normes de stationnement) peut avoir un effet sur la rédaction de l'article 12 (Pittard, 2012).

On voit que l'abondance de règles et parfois même leur application peut avoir des conséquences dommageables, qui vont à l'encontre des objectifs des PLU énoncés par la loi SRU. En réponse à ces difficultés, les législateurs ont prévu de desserrer la normativité de règle quantitative par des jeux d'exception (type bonus) et par le biais de la procédure de modification simplifiée. Néanmoins, ces exceptions sont impossibles à appliquer sans qu'il existe à la base cette règle quantitative (Godfrin, 2011) et on peut aussi se questionner sur la complexité que de tels mécanismes peuvent impliquer.

L'autre grande réponse amenée est le concept « d'urbanisme de projet », qui devrait « remplacer » l'urbanisme normatif d'aujourd'hui. Cette notion n'est pas tout à fait nouvelle, car depuis la loi SRU de 2000, le « projet » a intégré « l'urbanisme de la règle » par le biais du PADD. Plus récemment, les orientations d'aménagement et de programmation ont-elles aussi amené à une nouvelle manière d'édicter des orientations qui agissent dans une relation de compatibilité avec les permis de construire.

Le précédent Gouvernement Français a émis la volonté de simplifier les documents d'urbanisme en profondeur et de favoriser un urbanisme de projet (d'après le discours de Benoist Apparu, Secrétaire d'État chargé du Logement, du 27 mai 2011). Cette réforme « Urbanisme de projet » fait suite à la loi ENE et a fait l'objet d'ordonnances au lendemain du Grenelle. Les objectifs ont porté (entre autres) sur la simplification des procédures d'élaboration et de modification des documents d'urbanisme, la suppression de la SHOB et SHON au profit de la surface de plancher, et une réécriture du livre 1 du code de l'urbanisme. Les groupes de travail ont aussi fait des propositions au-delà des ordonnances, comme par exemple la simplification des règlements. Ainsi, a été formulée l'idée de réorganiser les règlements des PLU pour plus de lisibilité, de favoriser la recommandation (et la dérogation) plus que la règle, de rendre facultatifs l'ensemble des articles, etc (MEDDE, 2011; Poirot-Yh6fYh2011)...

Cependant, ces propositions concernant la réécriture des règlements n'ont pas (encore ?) concrètement abouti.

Le projet de loi ALUR porté par Cécile Duflot, Ministre du Gouvernement Ayrault prévoit néanmoins la suppression du COS et de l'article 5 relatif à la superficie des terrains constructibles. Elle prévoit aussi la possibilité de déroger aux règles des PLU dans le but de favoriser les surélévations du bâti, ou la transformation de bureaux en logements. Cependant, ces quelques évolutions ne semblent pas présager d'une réelle simplification des règlements d'urbanisme.

Si un jour, des propositions de simplification des règles plus avancées refont surface, on pourra se questionner sur la « bonne » forme à donner à ces règlements, sur la recherche d'un équilibre à trouver entre la contrainte et la liberté, et sur la complexité de leur utilisation future.

2.3 « Les PLU et le développement durable » : le PLU est une boîte à outils, à coordonner avec d'autres politiques publiques

Au cours de l'histoire, les lois sont devenues plus ambitieuses en termes de développement durable. Les lois SRU puis Grenelle 2 ont défini des objectifs pour les PLU qui couvrent toutes les composantes urbaines en termes d'habitat, de mixité fonctionnelle et sociale, d'équipement, mais aussi d'environnement. Cependant, l'ensemble de ces enjeux semblent devoir être traités de manière adaptée selon chaque territoire et ses caractéristiques. Si la collectivité locale se veut ambitieuse en matière de développement durable, elle doit établir des priorités et faire des choix afin de répondre au mieux aux enjeux de son territoire.

Dans ce cadre législatif « vert », et dans les contextes politiques et urbains de chaque ville, le PLU vient traduire le projet d'urbanisme politique, tout en s'efforçant aussi de traduire les autres politiques supra-communales portant sur l'habitat, les déplacements, le commerce, etc.

Pour atteindre ces objectifs, son champ d'action réglementaire lui permet d'agir sur un certain nombre de thématiques urbaines et environnementales²⁶, avec des degrés de prescription et d'interdiction variables. En plus de définir systématiquement un zonage de la ville et des règles pour les constructions, le PLU peut être vu comme une « boîte à outils », dans laquelle chaque commune est libre d'utiliser les outils qui seront les plus intéressants, et qui lui permettront de traduire un projet d'urbanisme en adéquation avec le(s) territoire(s) et les lois. De plus, certains PLU doivent aussi prendre en compte la Directive Européenne « plans et programmes » relative aux incidences des plans sur l'environnement et justifier que les règles choisies n'ont pas d'impacts sur l'environnement.

Nous verrons que le premier « outil » intéressant est le zonage du plan local, qui permet d'affecter à des zones des fonctions spécifiques (dont naturelle et agricole), et de définir les règles d'urbanisme (notamment morphologiques) s'y rapportant. Le second concerne directement les règles (écrites ou graphiques) qui peuvent être mobilisées.

Le « zonage » des fonctions urbaines, pensé afin de réduire les nuisances et l'incompatibilité entre les activités industrielles et d'habitat par exemple, est une pratique répandue dans de nombreux pays. En témoigne l'analyse comparative de 12 pays d'Europe, d'Asie et des États Unis réalisée en 2012 dans le cadre d'un programme de recherche hollandais (Pearce, 2005). Cette analyse montre que chaque pays utilise des méthodes plus ou moins élaborées afin de réduire les impacts négatifs d'activités sur les autres. Si les Pays-Bas et l'Allemagne utilisent

²⁶ Voir le document d'Inserguet et Planchet (2011) qui fournissent des grilles de questionnements et indicateurs pour faire des « PLU durables ». (voir Inserguet *et al.*, 2011 qui proposent une grille de questionnement et des indicateurs pour les "PLU durables" (voir aussi Partie 2, chapitre 2, paragraphe 2.3))

« l'Integral Environmental Zoning (IEZ) » qui prend en compte plusieurs critères environnementaux ou encore la méthode « Stolp » créée par l'Institute of Environmental Studies of the Free University of Amsterdam (Meijburg, 2005), les autres pays utilisent aussi couramment d'autres méthodes moins complexes à mettre en œuvre.

L'utilisation de « zones tampons » (buffer en anglais) qui permet, par exemple, de distancer les sources des nuisances des zones d'habitat en les séparant par des zones vertes, est une pratique courante. Ces distances peuvent être normées selon le type d'activité à la source des nuisances, ou alors définies selon un ou plusieurs critères environnementaux (Pearce, 2005).

En France, à l'échelle locale (celle des Plans Locaux d'Urbanisme), les zones tampons sont définies principalement selon deux manières :

- Premièrement, il existe des zones tampons réglementaires autour des activités présentant un risque technologique (ou naturel), ou des nuisances importantes telles que les nuisances sonores liées aux aéroports. Ces zones tampons influencent les types d'activités acceptés, mais aussi les droits à bâtir afin, par exemple, de limiter la densité de logements à proximité de la source des nuisances. Ces zones tampons relèvent avant tout de prescriptions de l'Etat et sont transcrites telles quelles dans le Plan Local d'Urbanisme. Leurs prescriptions se superposent à celles du zonage et aux règles correspondantes. C'est le cas des Plans de Prévention des Risques.

- Deuxièmement, pour ce qui est des pollutions et nuisances sonores liées aux infrastructures routières ou aux activités des industries, les communes qui élaborent les plans peuvent organiser le zonage de manière à protéger les zones d'habitat, sans y être légalement contraintes. Ainsi, des zones dédiées à l'industrie et les grandes zones d'activités commerciales peuvent être localisées prioritairement à proximité immédiate des grands axes routiers afin de limiter l'impact de ces infrastructures sur les zones d'habitat. Des dispositions issues du code de la construction et qui donc ne sont pas prises en compte dans les PLU viennent renforcer ce dispositif en s'appliquant directement aux constructeurs.

Du point de vue des règles, les plans locaux peuvent agir de deux manières très différentes : soit ils interviennent dans le cadre général de l'urbanisme de tous les jours, en conditionnant, par les règles, les permis de construire déposés dans les différentes zones urbaines ; soit ces règles viennent traduire un projet global, (à l'échelle d'un quartier le plus souvent), piloté par la collectivité publique ou dans le cadre de projets négociés ou concertés (voir le paragraphe 2.2.2). Il est donc logique que dans le cadre de l'urbanisme « de projet », les efforts en matière d'écologie et d'urbanisme durable soient plus aisés. Cela est

aussi le cas des nouvelles « Orientations d'Aménagement et de Programmation » (OAP) introduites par la loi Grenelle 2 qui permettent de définir des « orientations d'aménagement » pour un secteur qui sont opposables au tiers en termes de compatibilité. Elles permettraient un urbanisme plus souple, innovant si nécessaire et s'utilisent davantage sous cette forme souple pour des projets globaux et encadrés par la collectivité. Les OAP paraissent être un outil adapté pour faire des quartiers « durables » (ou écoquartiers), au même titre que les ZAC.

Les différents exemples que nous allons ensuite présenter s'appliquent davantage dans le cadre des permis de construire déposés au quotidien que dans les projets globaux pour lesquels les règles du PLU sont surtout un cadre que l'on a rendu compatible avec les plans d'aménagement de ces projets.

Cette partie présente les différentes possibilités (non exhaustives) de choix règlementaires que l'on peut retrouver dans les plans en les abordant sous l'angle des différentes thématiques environnementales.

Pour ce qui est des déplacements, le PLU doit être compatible avec le Plan de Déplacements Urbain s'il existe (pour les communes de plus de 100.000 habitants), et le PLU doit donc retranscrire la localisation et la réservation d'emprise foncière pour la création des voies de transport en commun, de modes doux et routiers. De plus, il peut prioriser les droits à bâtir le long des corridors de transport en commun, localiser les futurs équipements générateurs de déplacements à proximité de ces transports, moduler les règles de stationnement des constructions en fonction de la desserte. La loi ENE permet aussi désormais de pouvoir imposer une densité minimale de constructions dans les secteurs situés à proximité des transports collectifs existants ou programmés (L123-1-5 13 °bis).

Pour la thématique de l'énergie, le PLU peut, par exemple, imposer le raccordement au réseau de chaleur urbain s'il existe. Sa portée est plus limitée concernant les dispositifs de production d'énergies renouvelables. En effet, contrairement à l'Espagne, la réglementation française ne peut pas obliger les constructions à intégrer des dispositifs de production d'énergies renouvelables. En revanche, la nouvelle loi Grenelle prévoit que les règles du PLU, notamment celles relatives à l'aspect extérieur, ne pourront plus s'opposer à l'installation de ces éléments. Cette nouvelle loi prévoit aussi la possibilité d'imposer des critères de performance énergétique (cela devient le 15° article facultatif des règlements des PLU, voir R123-9 du CU). Ainsi, si en matière de dispositifs de production d'énergie le PLU ne pouvait jusqu'alors rien exiger, il existait des dispositifs incitatifs qui continuent d'être très intéressants. Le PLU a en effet la possibilité de prévoir dans le règlement des dérogations sur les normes de hauteur, d'emprise, de stationnement, sous couvert, par exemple, d'intégrer un dispositif de production d'énergie sur le toit (Le PLU de Toulouse le permet dans la limite

de 3,5m), mais ce système serait tout aussi valable pour l'installation d'un dispositif de récupération des eaux pluviales (dérogation de hauteur dans le PLU de Nice dans la limite de 3,5m), ou encore un local à vélo. Il peut aussi, sous couvert d'atteindre un niveau de performance énergétique défini, autoriser un dépassement chiffré (en pourcentage) des règles d'emprise, de hauteur...(ADEME *et al.*, 2008). Néanmoins, cette seconde méthode semble avoir été assez peu utilisée dans les PLU, très certainement parce que ces systèmes ne permettent pas de présager concrètement de l'évolution du paysage urbain, en conséquence de ces dérogations. S'ajoute à ces dispositifs intégrables aux PLU, et un peu dans la même idée, les dispositifs législatifs qui, cette fois-ci, sans nécessiter une modification de l'écriture des règlements des PLU, permettent automatiquement (après validation par le conseil municipal), une bonification des droits à bâtir prévus au PLU, sous couvert d'un effort en matière d'énergie. La bonification pour des raisons de performances énergétiques pouvait aller jusqu'à 20% suite à une loi de 2005, elle a été poussée à 30% avec la loi ENE.

Enfin, le PLU peut aussi avoir un effet sur l'ensoleillement des constructions, qui participe à l'amélioration de leur bilan énergétique. En effet, les règles d'implantations peuvent avoir une influence sur les masques d'ensoleillement ainsi que sur l'orientation des constructions. Un PLU peut ainsi définir une distance entre les constructions définies en fonction de leur hauteur. Il peut aussi contraindre ou laisser libre l'implantation par rapport à la voie et aux limites de parcelles, ce qui a un effet sur les orientations possibles (Prévost *et al.*, 2011).

La question des espaces verts urbains et de la biodiversité en ville passe par la gestion au sein du plan des espaces verts publics et des espaces verts privés. Ces espaces sont protégés par le biais du zonage (instauration de zones inconstructibles agricoles ou forestières) et peuvent aussi être créés grâce aux mêmes outils de réservation foncière que ceux utilisés pour créer de nouveaux axes de transport. Ainsi, « le zonage permet, du point de vue de la géographie, une mise en réserve de certains espaces, notamment ce qui doit être conservé tel quel, une affectation particulière de certains espaces (habitat, industriel...) mais aussi de préserver des espaces libres prévus pour l'hygiène, la détente et les loisirs » (Blanc, 2009 p. 55). S'ajoutent à ces protections des outils garantissant la préservation localisée d'arbres ou d'espaces paysagés d'intérêts (du type jardins remarquables).

Les espaces privés (on parle des terrains constructibles) peuvent être soumis à des règles inscrites au plan, qui le plus souvent déterminent la proportion de terrain qui doit être aménagée en jardin. Elles peuvent aussi préciser la qualité des sols (afin, par exemple, de limiter les espaces verts « sur dalle »), voire imposer une proportion d'arbres.

Par ailleurs, les lois Grenelle ont rendu obligatoire la mise en place et la préservation des Trames Vertes et Bleues (qui incluent les « corridors écologiques ») et celles-ci peuvent être

favorisées au travers des différents outils que nous venons d'énumérer. Cependant, il semble aujourd'hui difficile de mettre en cohérence à l'échelle locale (celle de la ville) ces Trames Vertes et Bleues qui sont définies à une échelle plus large (Cormier *et al.*, 2010), surtout pour les territoires déjà densément urbanisés. Ces dispositions étant récentes, il sera intéressant de voir comment les PLU tenteront de dépasser ces difficultés.

La thématique de la gestion des eaux pluviales est abordée par le biais des prescriptions d'urbanisme en jouant sur les leviers d'imperméabilisation des sols ; ainsi, les règles qui conditionnent l'emprise des constructions au sol, la place du stationnement et la proportion d'espaces perméables sont les plus utilisées. Une règle peut aussi fixer le débit maximal qui peut être rejeté au réseau pour chaque propriété. Pour les eaux usées, le règlement oblige un raccordement au réseau s'il existe, et sinon fixe des prescriptions pour l'assainissement individuel.

Les questions de formes urbaines et de mixité fonctionnelle sont très largement traitées dans les PLU car elles correspondent historiquement à la fonction première des plans locaux. Encore aujourd'hui, ces thèmes représentent, à l'échelle de la ville, les orientations de base que doivent traiter les plans, toujours en cohérence avec les politiques d'organisation spatiale définies à une échelle supérieure par le biais des SCOT.

Le zonage et le règlement permettent d'affecter à des zones les différentes fonctions urbaines, et d'en interdire d'autres. Les formes bâties qui sont attendues dans chaque zone (par exemple, grand collectif, habitat intermédiaire, habitat individuel...) sont conditionnées par les règles de hauteur, d'emprise, de gabarit...

Comme nous l'avons montré au paragraphe 2.4.2 du chapitre 1, il n'existe pas de forme de ville qui serait idéale, mais l'expérience, les mutations urbaines, les dynamiques immobilières, les préoccupations d'ordre environnementales et la recherche d'une qualité de vie sont autant de principes et d'objectifs qui permettent de chercher pour chaque zone les règles qui seront les mieux adaptées. Toujours concernant la densité, le Gouvernement Français (Gouvernement Fillon) prévoyait de permettre à toutes les communes un bonus de constructibilité de 30%, automatique et sans condition (ni de performance énergétique, ni de mixité sociale) mais cette loi relative à la majoration des droits à construire (20 mars 2012) a été par la suite abrogée. Elle avait pour objectif de dynamiser la production en France et la densité urbaine. Néanmoins, si l'objectif initial était vertueux, que peut on attendre d'une règle qui favorise une densité supplémentaire, hors du cadre des règles du PLU sur les formes urbaines ? Ce type de règles, de même que celles basées sur la même logique de bonification et qui sont sensées inciter la performance énergétique, sont intéressantes du point de vue de leurs objectifs, mais sont à utiliser avec prudence pour éviter la déstructuration des paysages urbains, surtout ceux qui présentent un caractère patrimonial.

Dans une autre logique, la loi ENE a aussi permis aux communes de faire figurer en annexe du PLU les secteurs où un seuil minimal de densité doit être respecté (institué par délibération), et en deçà duquel un versement pour sous densité est dû (article L331-26 du code de l'urbanisme).

D'autres thématiques telles que la préservation du patrimoine bâti et la mixité sociale peuvent se retrouver au sein des PLU²⁷. Nous avons choisi de ne présenter qu'un certain nombre de thèmes, car il est impossible d'être exhaustif. De plus, toutes les thématiques que nous avons traitées ici peuvent être prises en compte sous forme d'orientation (de manière plus ou moins volontariste) dans le cadre des OAP dans une optique de projet global à l'échelle du quartier par exemple.

Nous avons vu dans cette partie que les plans d'urbanisme locaux français disposent d'un certain nombre d'outils pour prendre en considération l'environnement dans la gestion de l'évolution de la ville. Les PLU français fonctionnent avant tout en termes d'interdictions, car ils édictent des normes à respecter et précisent pour chaque zone ce qui peut y être interdit. Si cela est la forme principale des PLU, il ne faut quand même pas négliger le fait que bien souvent les règles sont écrites sous forme de recommandations, voire parfois de dérogations bénéfiques en terme de constructibilité admises sous certaines conditions de performance environnementale. Cependant, ces différents outils sont des « possibilités », et l'utilisation de ces règles est très variable d'un PLU à l'autre.

De plus pour certains thèmes, la portée du PLU est limitée en terme de possibilités car son champ d'action réglementaire ne lui permet pas toujours d'aller loin dans la prescription²⁸. C'est par exemple le cas pour l'eau, la biodiversité ou encore le bruit (Abou Warda Khazen, 2008). Cependant, il faut garder en tête que l'aménagement du territoire et les actions en faveur de la ville sont gérées par d'autres politiques publiques et de nombreuses actions d'intérêt général qui sont plus adaptés. Par exemple, dans le cadre d'un Agenda 21 intersectoriel, qui prend en compte toutes les dimensions du développement durables et environnementales, le Plan Local d'Urbanisme français pourrait être un levier. Il pourrait agir, par exemple, sur un enjeu tel que la cohérence urbanisme-transport (prioriser la densité le long des corridors de transport en commun), ou le développement de nouvelles formes d'habitat tel que l'habitat intermédiaire (en jouant sur les règles morphologiques).

²⁷ Pour la mixité sociale, la loi ENE a introduit la possibilité de fixer une proportion de logements de taille minimale dans les opérations et de délimiter des secteurs dans lesquels un pourcentage du programme doit être affecté à du logement social. Voir l'article L123-1-5 du code de l'urbanisme.

²⁸ Le PLU se doit d'être égalitaire, et n'est pas un outil de gestion de l'urbain mais un outil réglementaire. De plus, les possibilités d'écriture réglementaire ne semblent pas permettre de prendre en compte l'ensemble des dispositions du L121-1 du code de l'urbanisme, fixant les objectifs des PLU (Inserguet, 2008), notamment les objectifs d'urbanisme « durables ».

Nous avons vu un certain nombre d'outils règlementaires des PLU qui peuvent être utilisés en faveur de l'environnement. On voit que les possibilités offertes aux PLU existent, sachant qu'en plus d'autres politiques publiques viennent compléter l'action des PLU.

S'il y a des limites à la prise en compte de l'environnement en planification urbaine, elles viennent plutôt d'un autre niveau. Il peut y avoir des difficultés à articuler des politiques définies à des échelles spatiales différentes, ou des difficultés à traduire des orientations d'urbanisme de manière concrète sur des territoires complexes car le choix des règles, dont l'impact est difficile à anticiper n'est pas évident.

Enfin, à un autre niveau encore, il peut tout simplement avoir un manque d'ambition politique en matière de développement durable, ce qui peut se traduire par des PLU rédigés « a minima ».

La généralisation des PLU intercommunaux pourrait être une solution d'amélioration face à certaines de ces limites. L'intercommunalité pourrait être la meilleure échelle pour traiter des enjeux tels que l'étalement urbain²⁹, les trames vertes et bleues et pour gérer la concurrence entre communes pour ce qui est de l'implantation de nouveaux équipements (Dubois-Maury, 2010).

Le règlement du PLU et les OAP sont les pièces du PLU qui s'appliquent concrètement aux constructions et aux équipements.

La partie suivante montrera qu'elles ne sont pas les seules pièces du PLU qui peuvent avoir un effet positif sur l'environnement. Le rapport de présentation du PLU sensé dresser l'état des lieux territorial et justifier des choix de planifications qui seront traduites (pour la plupart) en règles comprend les pièces relatives à l'évaluation environnementale du projet. Le chapitre suivant en présentera le contenu, ses apports et limites.

²⁹ Pour R. Fortun, la meilleure échelle pour gérer l'étalement urbain serait celle du « territoire » notion non administrative, définie comme « un espace de projet dont les habitants et les élus se sentent solidaires et partie prenante ». Un portage politique fort de cette volonté de limiter l'étalement est aussi une condition nécessaire. Néanmoins l'auteur pointe la difficulté de mettre en place des principes de planification à cette échelle (Fortun, 2006).

Conclusion du chapitre 2

Les objectifs de la planification urbaine définis au niveau législatif donnent désormais une place majeure à la prise en compte du développement durable. Les agglomérations françaises affichent d'ailleurs le plus souvent les mêmes ambitions en termes de développement et d'aménagement des territoires. Cela est particulièrement vrai pour les petites communes ou de tailles moyennes.

Au niveau de la planification locale, la cohérence obligatoire avec les documents d'ordre supérieurs, qu'ils soient transversaux (SCOT) ou sectoriels (PDU, PLH) permet de garantir le respect des lois régissant la planification urbaine et la nécessaire prise en compte environnementale et du développement durable.

Néanmoins, si le code de l'urbanisme met à disposition des PLU un certain nombre d'outils relatifs au développement durable, il n'est pas simple de garantir l'efficacité de la planification pour diverses raisons : enjeux d'échelles, indéterminisme de la planification, complexité réglementaire. « Le pari » de faire du développement durable par les PLU doit s'accompagner d'un portage politique fort, et techniquement, d'être réactif quant à l'adaptation des orientations et des normes face aux dynamiques territoriales. L'ère étant aux PLU intercommunaux, on peut espérer une facilitation de la prise en compte des différents enjeux inter-communaux.

La question environnementale en planification urbaine a aussi pris de l'ampleur suite aux différentes évolutions de la législation, notamment par le biais de la notion d'évaluation et du suivi des incidences. La partie suivante est dédiée à cette question de l'évaluation et plus spécifiquement de la procédure d'évaluation environnementale des documents d'urbanisme.

PARTIE 2 : L'évaluation en planification : pratiques internationales, européennes et le cas des PLU français

Chapitre 1. L'évaluation des politiques publiques et de la planification urbaine

La première partie a abordé la prise en compte du développement durable et de l'environnement dans le système de planification français, principalement en termes d'orientations de planification et d'outils réglementaires. Or, la législation impose également une démarche d'évaluation environnementale de certains documents d'urbanisme. Elle intervient au moment de l'élaboration des plans, car la procédure exige de procéder à une évaluation des impacts prévisibles sur l'environnement de ces plans, mais aussi après l'application du plan, car il est demandé de dresser un bilan des effets du plan, grâce à des indicateurs. Cette deuxième partie va donc, dans un premier chapitre, introduire les spécificités des évaluations des politiques publiques. Elle décrira les méthodes d'évaluation en planification de manière générale, puis explicitera le principe de l'évaluation environnementale stratégique et des indicateurs, qui concernent nos documents d'urbanisme.

Le deuxième chapitre précisera le contenu des évaluations tel qu'il est imposé par la législation. Cela nous amènera, au troisième chapitre, à proposer une démarche complémentaire d'évaluation et d'analyse des effets des Plans Locaux d'Urbanisme (démarche plutôt orientée « évaluation ex-post »), et qui intègre des indicateurs.

1. L'évaluation de la durabilité des politiques publiques : définition et problématique(s)

Selon A. Boutaud, les différentes définitions données à « l'évaluation » des politiques publiques, en terme de développement durable peuvent être classées suivant « les dimensions qu'elles reflètent prioritairement : dimension cognitive, normative ou instrumentale » (Boutaud, 2006b p.172). La dimension cognitive est liée au fait que la démarche d'évaluation implique « la formulation d'objectifs et la mesure des effets d'une politique par rapport à ces mêmes objectifs ». La dimension normative « ne suggère pas tant la mesure des effets (plutôt quantitatifs) que la formulation d'une valeur (plutôt qualitative) ». Enfin, la dimension informative tient plus de l'utilité, de l'efficacité et de la performance des mesures portées par le processus d'évaluation (Boutaud, 2006b p.172).

Quant aux objectifs de l'évaluation, ils peuvent être multiples : analyser les vulnérabilités ou les potentialités d'un territoire ; faciliter le pilotage d'une politique publique en permettant son réajustement ; mettre en place une forme de concertation en mobilisant les acteurs ; légitimer scientifiquement un projet ce qui peut faciliter l'action politique ; évaluer les effets d'une politique pour connaître ses impacts ; comparer la performance de différents territoires... (Jacques Theys, cité dans Villalba *et al.*, 2005) et (Wachter *et al.*, 2000).

Si on peut considérer que les législations et accords internationaux ont permis de formuler les « valeurs » de la durabilité urbaine au sens de A. Boutaud (on prend par exemple les sommets internationaux tels que Rio en 1992 ou la Charte d'Aalborg en 1994, et en France la loi Solidarité et Renouvellement Urbains de 2000 pour l'urbanisme), le sens précis de cette « durabilité urbaine » est resté vague, et de fait, la création d'un système d'évaluation de la durabilité urbaine partagé et établi demeure impossible (Mori *et al.*, 2012).

Le « développement durable urbain » n'est finalement soumis à aucune norme précise (Theys, 2000 titre "Un principe normatif sans norme ?" p.22). Cette absence de norme peut s'expliquer par le caractère « expérimental » du développement urbain durable (Blanc *et al.*, 2008), un peu perpétuellement « en chantier »³⁰. De même, à l'échelle locale, on peut affirmer que l'hétérogénéité des différents contextes urbains et l'imbrication des échelles du développement durable ne facilitent pas la création de normes communes et facilement applicables à toutes les zones urbaines.

Ainsi la question de l'évaluation fait ressortir un paradoxe : il y a un réel besoin de normaliser le développement durable pour permettre sa pratique et légitimer les actions en vue du « développement urbain durable » (d'où par conséquent, la multiplication des méthodes d'évaluation aujourd'hui), mais en même temps, la difficulté pour appréhender la « durabilité urbaine » amène à une absence de théories et de normes, qui rendent le « développement durable » et les évaluations parfois difficiles à mettre en œuvre, voire peu efficaces³¹.

Cependant, cette absence de normes du développement durable a l'avantage de garantir une certaine autonomie des territoires sur la définition d'objectifs adaptés au contexte local, ce qui peut aussi garantir leur faisabilité. Theys souligne ainsi que « l'absence de norme scientifique objective est un grand avantage. Elle limite le risque d'une récupération autoritaire du développement durable par l'état jacobin » (Theys, 2002 p. 28).

En conclusion, l'évaluation de la « durabilité urbaine », si elle est basée sur des valeurs largement acceptées, ne bénéficie pas pour autant de normes strictes. Les nombreuses

³⁰ Lié aussi au caractère unique de chaque contexte urbain.

³¹ Theys parle de l'existence de « pratiques sans théories et des théories sans pratiques débouchant sur un kaléidoscope d'initiatives dont il est, finalement, fort difficile d'évaluer l'efficacité ou la réelle nouveauté » (Theys, 2000 p.22).

méthodes existantes (dont un certain nombre vont être présentées dans les paragraphes suivants) semblent refléter ce fait, même si le choix d'une méthode est évidemment aussi fortement lié à la temporalité et à l'objet de l'évaluation (politique publique, plan ou programme, projet d'aménagement, projet stratégique, produit,...).

Cependant, si le caractère « mouvant » et flou de la durabilité urbaine peut, parfois, rendre difficile la définition d'objectifs et l'efficacité des évaluations, elle garantit aussi une définition et une mise en œuvre locale, certainement bien plus efficace, car adaptée au contexte.

Enfin, si on considère que les phénomènes urbains et la planification urbaine en général ne sont pas complètement déterministes (voir la partie 1), l'efficacité des politiques d'urbanisme durables, et de leurs méthodes d'évaluation semble résider, aussi, dans le contrôle et l'adaptation de ces procédures, projets ou processus d'évaluation. Il s'agit moins « de produire des sentences, des jugements, que d'apprendre dans et par l'action » (J-G Padioleau dans Wachter *et al.*, 2000 p.37).

Le paragraphe suivant propose une chronologie des méthodes d'évaluation de la planification internationales. Les chapitres à venir se focaliseront davantage sur les méthodes d'évaluation du développement durable pour des politiques de planification urbaine ou les évaluations de la durabilité du territoire, plutôt que sur les évaluations des projets d'aménagement ou de la durabilité de quartier. Ces méthodes dédiées aux quartiers sont par ailleurs très nombreuses en France, en témoigne le recensement réalisé par le CSTB en 2008 qui a identifié 78 outils et méthodes (Jegou *et al.*, 2012). Certaines sont très connues, mais ne nous les analyserons pas dans la thèse : certification HQE® Aménagement, la méthode ADEQUA (Cherqui, 2005), la méthode « Approche Environnementale de l'Urbanisme » de l'ADEME³² (ADEME, 2006), les chartes d'aménagement durable mises au point par les collectivités, etc. (Jegou *et al.*, 2012).

Ainsi, l'intérêt porté aux analyses portant sur les échelles territoriale et urbaine nous amènera à analyser plus précisément le processus et les outils des évaluations des documents d'urbanisme. On verra aussi que ces évaluations sont imposées par la législation européenne, qui fixe à la fois les « valeurs » et le cadre méthodologique général pour ces évaluations, tout en laissant une liberté quant au contenu précis des dispositifs.

³² L'AEU de l'ADEME peut aussi être conduite sur les documents d'urbanisme tels que les PLU.

2. Évaluation en urbanisme et en planification urbaine : évolution des pratiques et des méthodes internationales jusqu'à aujourd'hui

La chronologie portant sur le développement des méthodes et outils d'évaluation en planification présentée ici s'appuie sur celle réalisée par E.R Alexander (Alexander, 2006).

Concernant les évaluations des dispositifs de planification territoriale gouvernementales, la méthode d'analyse coût-bénéfice (ACB, encore appelée analyse coût-avantage en France) est la première grande méthode d'évaluation à avoir eu un certain retentissement. La philosophie de l'ACB a été développée par Dupuit, économiste français à la fin du XIX^e siècle. L'objectif de cette méthode était d'évaluer les investissements publics afin de voir leurs effets sur les bénéfices attendus. Toutefois, la méthode ACB a été ensuite critiquée, notamment car la méthode est essentiellement monétaire (voir aussi Molines, 2003 p.110), et n'aide pas à définir des principes quant à la redistribution des bénéfices au regard des investissements. Face à ces limites, Lichfield modifia l'ACB pour créer le Planning Balance Sheet Analysis (PBSA), (Alexander, citant Lichfield 1970, 1985), qui est en quelque sorte une étude d'impact d'un plan ou d'un projet. Dans les années 1970 puis 1980, avec la montée des préoccupations internationales concernant l'environnement, l'étude d'impact (environmental impact assessment EIA³³) a émergé, avec un objectif d'évaluation environnementale des plans et projets.

L'étude d'impact a aussi été appliquée dans le cadre de projets dits stratégiques, c'est-à-dire correspondant à des projets portant sur de larges territoires (régionaux par exemples), des infrastructures majeures (aéroports, zones portuaires) ou encore des réseaux (train, autoroute, énergie...).

Pour ces types de projets « stratégiques », l'analyse coût-bénéfice a été, et est toujours largement utilisée. « L'ACB fut, et continue d'être la méthode la plus utilisée pour évaluer les projets stratégiques d'ampleur, mais d'autres méthodes d'évaluation ont été développées pour dépasser les limites connues de l'ACB » (Alexander, 2006 p.10). Ces méthodes ne sont autres que celles relevant de la famille de l'analyse multicritère. En 1968, Hill créa le Goals Achievement Matrix, puis les méthodes pour l'aide à la décision multicritère se sont développées pour l'évaluation de projets stratégiques (Jankowski & FJWUFXZ 1994; Roy *et al.*, 1994; Molines, 2003).

Ness *et al.* (Ness *et al.*, 2007) ont récemment proposé une classification des outils et méthodes d'évaluation de la durabilité actuelles³⁴. Les critères retenus par les auteurs pour établir cette typologie sont les suivants :

³³ Puis plus tard, sur le même « modèle », le Social Impact Assessment (SIA).

³⁴ Non exhaustive, mais se basant sur les outils et méthodes les plus cités dans la littérature.

- la caractéristique temporelle : selon qu'il s'agisse d'une évaluation ex-post (après la mise en œuvre du plan, pour l'établissement d'un bilan des effets d'une politique) ou d'une évaluation ex-ante (réalisée avant la mise en œuvre d'une politique, pour en prédire les impacts et adapter le projet en fonction de ces résultats),
- l'objet de l'analyse (lié à l'échelle sur laquelle est mis en œuvre le projet),
- l'intégration, au sein de la méthode, des relations nature-société (c'est-à-dire dépassant le champ de « l'environnement » uniquement).

Les 3 grandes familles ainsi obtenues sont les suivantes (Voir la figure 4 ci-dessous) :

- 1. Les indicateurs et indices, qui peuvent être créés pour des évaluations à différentes échelles. On retrouve ces indicateurs et indices dans les familles 2 et 3.
- 2. L'évaluation d'un produit, qui se focalise sur les flux de matière ou d'énergie relatif à un produit ou un service (intégrant la notion de cycle de vie).
- 3. Les évaluations intégrées, utilisées pour évaluer les politiques publiques ou un projet. Elles intègrent les méthodes d'évaluation multicritère, l'analyse coût-bénéfice (ACB), et les « études d'impact » telles que l'étude d'impact sur l'environnement (EIE) et l'évaluation environnementale stratégique.

Une quatrième famille s'ajoute en parallèle à celles-ci, ce sont les évaluations monétaires, « qui ne sont pas des évaluations de la durabilité, mais plutôt un jeu d'outils qui peuvent être utilisés en supports d'autres outils » (Ness *et al.*, 2007 p.505).

Il ressort de l'analyse de Ness et al., que tous ces outils n'intègrent pas les relations nature-société, beaucoup permettant uniquement des évaluations « environnementales », même si les tentatives d'intégrer d'autres enjeux de durabilité se développent (les auteurs font référence à « l'EU sustainability Impact assessment » de l'Union Européenne (Commission Commission-Européenne, 2002) qui est plus complète que l'évaluation environnementale stratégique, qui reste sectorielle).

Le paragraphe suivant s'attardera sur deux outils présents dans cette classification : l'évaluation environnementale stratégique et les indicateurs. Il permettra de faire le lien avec le chapitre 2 qui présente la procédure d'évaluation stratégique des documents d'urbanisme français rendue obligatoire par la législation européenne et qui doit intégrer des indicateurs dans le cadre d'un bilan ex-post. La question des indicateurs est importante car un des objectifs de cette thèse est de proposer des indicateurs complémentaires à ceux de l'évaluation environnementale de certains Plans Locaux d'Urbanisme français imposée par la loi. Un état de l'art permettra de comprendre les objectifs relatifs à la création d'indicateurs du développement durable.

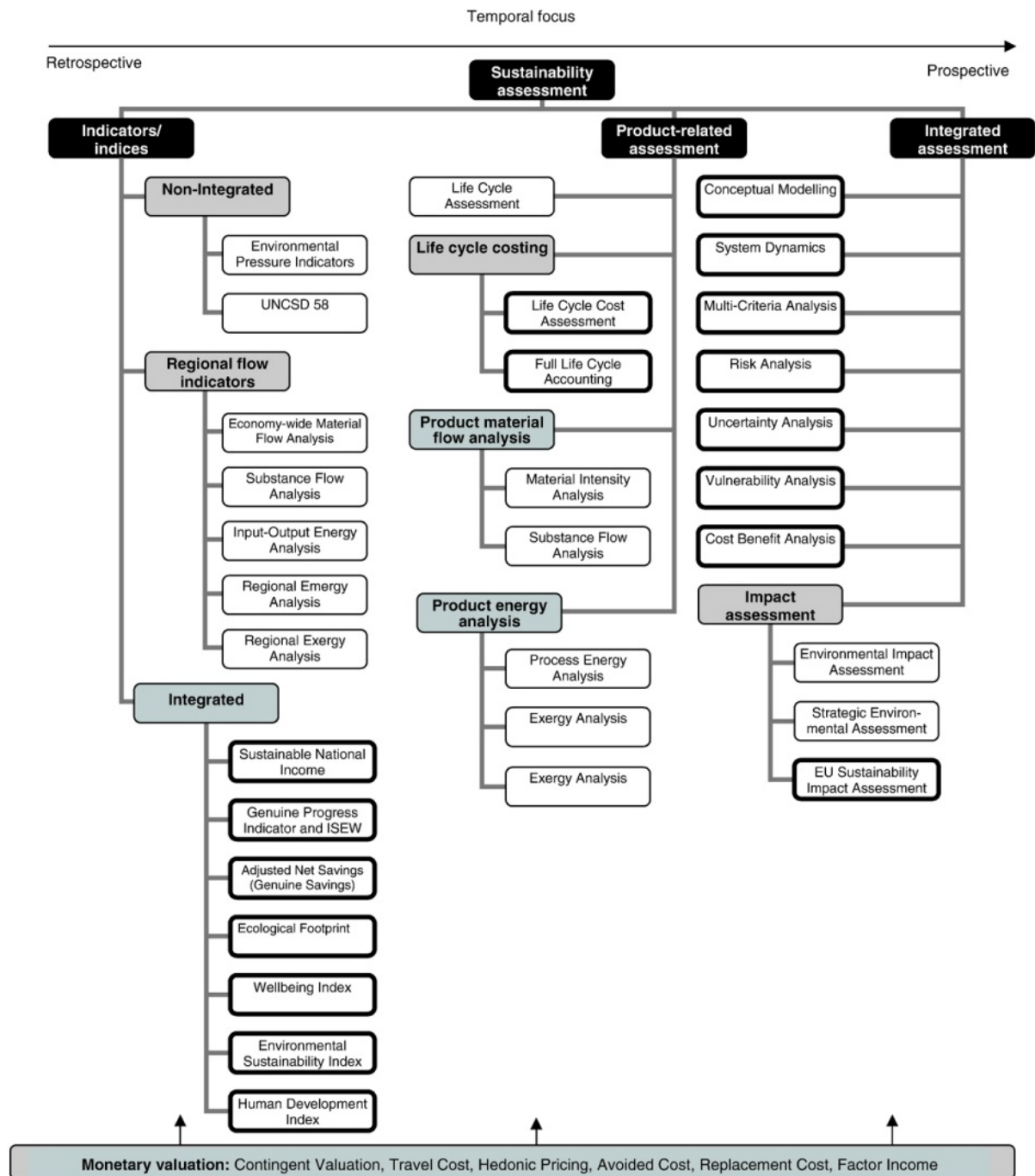


Figure 4. Classification des méthodes d'évaluation de la durabilité établie par Ness et al.

D'après Ness, B., U.-P. Evelin, A. Stefan and O. Lennart (2007). "Categorising tools for sustainability assessment." *Ecological Economics* 60 (2007): pp. 498-508 (fig p.500). © 2006 ELSEVIER B.V.

3. Zoom sur deux méthodes et outils courants d'évaluation de l'aménagement et de la planification territoriale et urbaine

3.1 L'Évaluation environnementale stratégique

La méthode d'évaluation environnementale stratégique (OCDE, 2006) est apparue dans les années 1990 et sa philosophie s'appuie sur celle de l'étude d'impact³⁵ (EIE) (André *et al.*, 2009).

La méthode globale « d'évaluation environnementale stratégique » concerne les politiques, plans et programmes qui se situent en amont des projets. Les pratiques d'évaluation environnementales stratégiques (SEA) se sont généralisées à travers le monde (Lichfield, 1997). Ces évaluations stratégiques peuvent intervenir à différentes temporalités : en amont pour aiguiller les choix, au cours de la mise en œuvre, et en aval pour une évaluation ex-post du plan (Lerond *et al.*, 2003).

L'évaluation environnementale stratégique s'applique en amont des projets, ce qui la distingue de l'étude d'impact. « Le dispositif d'évaluation au stade des projets opérationnels n'était pas suffisant pour garantir les exigences en matière d'environnement. [...] Il est apparu nécessaire de le compléter par une démarche d'évaluation sur l'environnement des décisions de planification et de programmation, qui fondent ces projets et définissent les conditions de leur réalisation » (Lerond *et al.*, 2003 p. 38). De plus, la différence avec l'étude d'impact sur l'environnement est que l'évaluation stratégique s'applique à des objets pour lesquels « l'information peut manquer, les incertitudes sont plus grandes, moins concrètes, ce qui est souvent le cas avec les décisions politiques » (Ness *et al.*, 2007 p. 504).

En Europe, la volonté de pouvoir fournir des éléments d'évaluation en amont des projets opérationnels a conduit à la Directive Européenne « plans et programmes » de 2001 (voir le chapitre 2 où son contenu est largement développé) (Lerond *et al.*, 2003 p.38).

Si les législations (européennes notamment) peuvent fixer un contenu-cadre pour ces évaluations environnementales stratégiques, les méthodes et outils employés (au niveau international) sont multiples : matrice d'impact, modélisations et simulations, analyse spatiale (SIG), comparaisons de scénarios, analyse coût-avantage, analyses multicritère (bien que visiblement peu utilisées en évaluations environnementales stratégiques) (d'après CRIDEAU *et al.*, 2002), grilles d'indicateurs, etc... (Lerond *et al.*, 2003).

³⁵ L'étude d'impact a été instaurée aux États-Unis en 1970 par la loi NEPA (National environment policy act), et a été transposée ensuite en Europe. Pour la France, le décret 77-1141 du 12 octobre 1977 a défini le cadre réglementaire et le champ d'application de l'étude d'impact, et une réglementation commune européenne est apparue en 1985, avec la directive EIE (85/337/CEE) (Évaluation de certains projets publics et privés sur l'environnement).

En France, la transposition de la Directive Européenne au cas des documents d'urbanisme (CRIDEAU *et al.*, 2002) exige désormais la mise en place « d'indicateurs » dans le cadre du bilan ex-post (voir l'article R123-2-1 du code de l'urbanisme).

La procédure et son contenu seront décrits plus longuement au chapitre 2.

3.2 Les indicateurs du développement durable

3.2.1 Définition de l'indicateur, objectif, typologie(s)

D'après la classification des méthodes d'évaluation de la durabilité opérée par Ness (Ness *et al.*, 2007), les indicateurs et indices forment une catégorie à part entière, même si on les retrouve dans des méthodes d'évaluation intégrées comme les évaluations multicritères par exemple.

« Nous pouvons définir un indicateur comme une donnée quantitative qui permet de caractériser un état, une situation évolutive, une action ou les conséquences d'une action, de façon à les évaluer et à les comparer à leur état à différentes dates. Il peut cependant être une forme d'indication ou de perception, c'est à dire un élément qualitatif. » (ORSE, 2003)

Quand les indicateurs sont agrégés d'une manière ou d'une autre, la mesure résultante est un indice (index) (Ness *et al.*, 2007).

Selon Rajesh Kumar Singh (Singh *et al.*, 2012 citant Lundin, 2003 ; Berke et Manta, 1999 et Spohn, 2004) les indicateurs peuvent servir à évaluer des performances ; montrer les tendances d'amélioration et alerter dans le cas où la tendance s'éloigne des objectifs du développement durable dans ses différentes dimensions (économique, environnementale et sociale) et fournir aux décideurs l'information nécessaire afin qu'ils puissent formuler des stratégies et prendre des décisions et communiquer les résultats aux parties prenantes.

Les indicateurs quantitatifs de développement durable, pour être efficaces doivent avoir les caractéristiques suivantes (Harger YhA YmYfž 1996) :

- simples,
- exhaustifs thématiquement,
- quantifiables (facilement mesurables),
- évaluables (ils doivent pouvoir faire l'objet d'un suivi afin de mettre à jour les tendances observées),
- sensibles (ils doivent pouvoir être suffisamment sensibles pour refléter des changements environnementaux),
- être basés sur des données accessibles et faciles à mettre à jour.

Il est aussi préconisé que les données soient fiables, et pérennes (Lazzeriž D'Ubei Yž 2006).

Adaptés à des stratégies territoriales (on peut parler d'indicateurs territoriaux de

développement durable), le choix des indicateurs doit être pertinent par rapport aux finalités du projet de territoire et ils doivent être sensibles à l'action publique locale (en termes d'accès à l'information et de capacité de réponse). Les indicateurs retenus doivent également permettre la comparabilité des territoires (Lazzeri Yh'D'Ubei Yž2006).

On trouve différentes classifications des indicateurs qui se basent sur leur nature (méthode de calculs et thématiques traitées) et leurs objectifs. Ainsi, on observera des indicateurs de processus, de résultats, de performance (pour mesurer les progrès réalisés), de comparaison, de satisfaction (relation commerciale), de progrès ou de suivi (notamment des politiques publiques) (ORSE, 2003).

Plus récemment, la classification des indicateurs du développement durable opérée par Ness (Ness *et al.*, 2007) renvoie à 3 types d'indicateurs :

- Les indicateurs « non intégrés » (sectoriels), tels que les 58 indicateurs du corpus de l'UNCSD (United Nations Commission on Sustainable Development) servant à mettre en œuvre les priorités définies lors de la conférence de Rio en 1992 et appliqués par de nombreux pays. On peut citer aussi le modèle PER (Pressions-état-réponses) de l'OCDE (OCDE, 1993), et le modèle FPEIR (Forces motrices Pression Etat Impact Réponse) de l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE), qui est une version étendue du modèle PER aux composantes sociales et économiques (Cherqui, 2005).

- Les indicateurs intégrés, autrement appelés indices, indicateurs composites ou synthétiques. Ces indicateurs combinent plusieurs dimensions environnementales, sociales et/ou économiques en un seul et unique indice. L'empreinte écologique, l'Environmental Sustainability index (ESI), l'indice de développement humain (HDI), en sont des exemples. L'avantage des indices est qu'ils sont multi-dimensionnels. Ils permettent de simplifier la complexité et de capter le regard des politiques pour la prise de décision (Booyesen, 2002). Afin de ne pas être accusés d'être idéologiques (Booyesen, 2002) ou de fournir des résultats erronés, la mise en place de ces indicateurs nécessite d'être vigilant sur le choix des paramètres, de pouvoir les affiner lorsque cela s'avère nécessaire et de fournir des analyses de sensibilité pour garantir la robustesse des indices créés (Singh *et al.*, 2012).

- la troisième catégorie relevée par Ness (Ness *et al.*, 2007) est celle des indicateurs de flux, qui, en permettant une analyse des flux de matière ou d'énergie, permettent d'avoir une vision de l'organisation des flux concernant les ressources et d'en apprécier les déficiences.

La manière dont ces indicateurs sont regroupés en un outil opérationnel varie :

Blanchet et November établissent le classement des approches sur la base de la relation thématique entre indicateurs : (Blanchet et November, 1998) :

- Les approches d'origine sectorielle sont les plus nombreuses. Elles consistent à recycler et développer les groupes d'indicateurs traditionnellement utilisés (à partir d'indicateurs environnementaux, économiques, ou sociaux).
- Les approches intersectorielles consistent à chercher un nombre limité d'indicateurs décrivant les liaisons de causalité entre différents compartiments ou secteurs. Elles sont souvent confrontées, dans leur mise en œuvre, à un défaut de données représentatives ou à une connaissance scientifique insuffisante des phénomènes de causalité.
- Les approches phénoménologiques cherchent à associer le développement durable à un nombre restreint de phénomènes et à les décrire à travers un indicateur composite (résultant d'une agrégation d'informations).
- Les approches systémiques, fondées sur une vision souvent très complexe des interactions entre le système humain et l'écosystème, se basent sur le développement de modèles qui permettent de générer des indicateurs composites. D'après F. Cherqui, les approches systémiques permettraient de dépasser les limites des approches sectorielles telles que le modèle PER de l'OCDE ou le modèle FPEIR (Cherqui, 2005 p. 65, citant Dhakal 2002). Ces limites sont, entre autres, la non prise en compte de « la nature systémique-dynamique de nombreux processus de cause à effets ni les relations qui peuvent exister entre les différentes causes elles-mêmes ou les effets eux-mêmes » (Cherqui, 2005 p.65).

S'ajoutent à ces grandes classes d'autres approches innovantes qui combinent des caractéristiques différentes.

Le paragraphe suivant propose une description des indicateurs environnementaux et/ou de développement durable appliqués à l'évaluation de la performance des villes, ou à leurs « projets » en termes de politiques publiques ou d'aménagement.

3.2.2 Les indicateurs et indices de développement durable pour les villes

Mori et Christodoulou (Mori *et al.*, 2012) ont testé les indicateurs et indices du développement durable les plus connus³⁶ (le plus souvent composites) sur les villes. Leur objectif était d'identifier les exigences pour créer un indice mesurant la performance des villes. La conclusion qu'ils font est qu'aucun de ces indicateurs et indices n'est satisfaisant pour une évaluation globale de la durabilité des villes. Les auteurs proposent en effet de créer non pas un seul indicateur synthétique de la durabilité des villes, mais un système d'indices prenant en compte les problèmes spécifiques aux villes, les différentes dimensions du développement durable, les impacts liés aux externalités. Ces indices devront également être adaptés à une évaluation équitable des villes des pays développés et des pays en cours de développement. Enfin, ils devront se baser sur des critères scientifiques et des standards internationaux et locaux, car pour eux, « le développement durable n'est pas un concept relatif » (Mori *et al.*, 2012 p.12).

L'utilisation systématique « de standards » pour évaluer la durabilité des villes et l'exhaustivité défendue par ces auteurs semble néanmoins devoir correspondre à un objectif précis, à savoir l'évaluation de la performance des villes. Cela est légitime et de tels indices donneraient une vision globale et objective de la performance des villes, de manière internationale. Dans un objectif similaire d'analyse de la performance des villes face au développement durable, mais cette fois-ci à l'échelle européenne, des « systèmes » d'indicateurs ont d'ailleurs été créés, tel que ceux relevant du projet PASTILLE (Promoting Action for Sustainability Through Indicators at the Local Level in Europe), ceux du SEEU (Stratégie Européenne pour l'Environnement Urbain) et du programme RESPECT (Réseau d'Evaluation et de Suivi des Politiques Environnementales des Collectivités Territoriales), le « Tableau de bord de l'environnement urbain » du programme INTERREG (Lazzeri, 2006). (Cherqui, 2005). A l'échelle de la France, on trouve par exemple les indicateurs de L'Agence Régionale pour l'Environnement (ARPE) Midi-Pyrénées par exemple (Cherqui, 2005).

Ces systèmes d'indicateurs d'évaluation de performance des villes doivent permettre, au final, de faciliter la décision par les pouvoirs publics. Aussi, à une échelle plus locale, il semble que les évaluations basées sur des indicateurs correspondant aux objectifs et projets territoriaux locaux (projets d'aménagements, planification territoriale locale) semblent être

³⁶ "Ecological Footprint (EF), Environmental Sustainability Index (ESI), Dashboard of Sustainability (DS), Welfare Index (WI), Genuine Progress Indicator (GPI), Index of Sustainable Economic Welfare, City Development Index, emergy/exergy, Human Development Index (HDI), Environmental Vulnerability Index (EVI), Environmental Policy Index (EPI), Living Planet Index (LPI), Environmentally-adjusted Domestic Product (EDP), Genuine Saving (GS)" (Mori and Christodoulou, 2012).

complémentaires aux évaluations plus globales. En effet, en « ciblant » directement l'objet qui nécessite une prise de décision, elles permettent de dépasser le problème lié à l'absence de normes chiffrées pour la mise en œuvre d'une planification spatiale et urbaine « durable » (voir aussi le paragraphe 1 de ce chapitre), car elles se basent sur des objectifs de développement propres au contexte local. En conclusion, il semble efficace de « penser localement » le développement durable, mais de travailler en réseau afin de replacer ces initiatives dans une perspective globale (Boutaud, 2006a p.46).

Ainsi, à l'échelle locale, on voit aujourd'hui que les collectivités sont en demande permanente d'évaluation. Évidemment, les indicateurs peuvent servir à légitimer l'action publique (Blanc *et al.*, 2008), mais ils participent aussi à l'aide à la décision dans les processus d'élaboration et de mise en œuvre des politiques publiques. « Les collectivités publiques ont besoin d'indicateurs pertinents pour savoir si elles sont sur la voie du développement durable. Ces indicateurs sont nécessaires pour évaluer, aux différentes échelles territoriales, quelle a été l'évolution de la durabilité dans le passé et pour prévoir son évolution future. C'est seulement sur la base d'indicateurs que peuvent être prises des mesures pour améliorer ou maintenir la durabilité » (Babey et Clivaz, 2005 faisant aussi référence à Schuber, 1998 ; p.2).

Ces indicateurs utilisés à l'échelle locale, peuvent prendre plusieurs formes appelées référentiels et chartes locales, systèmes d'indicateurs locaux, batteries d'indicateurs et tableaux de bord. Jegou *et al.*, établissent un classement basé directement sur le type d'indicateur et leur nombre. Ainsi, on trouve

- les batteries d'indicateurs avec un grand nombre d'indicateurs de 50 à 250,
- les sélections d'indicateurs phares (une dizaine),
- les indicateurs composites ou synthétiques (Jegou *et al.*, 2012).

Ces systèmes d'indicateurs peuvent se retrouver à différentes échelles locales : communale, opération d'aménagement, quartier, bâti, parcelle (Jegou *et al.*, 2012). Ces systèmes peuvent intégrer des indicateurs quantitatifs et des critères qualitatifs (la proportion dépend en partie de l'échelle territoriale et de l'objectif), et certains des indicateurs du système peuvent être synthétiques (telle que l'empreinte écologique) (Jegou *et al.*, 2012). Néanmoins, les indicateurs synthétiques semblent moins pertinents que les systèmes d'indicateurs pour les échelles locales et l'analyse spatiale, car les indicateurs composant les systèmes « peuvent relever de l'information géographique » (Jegou *et al.*, 2012 p.4). On trouve donc le plus souvent des « batteries » d'indicateurs à l'échelle locale.

Les critères ou indicateurs souvent qualitatifs et regroupés en « tableaux de bord » peuvent être assimilés à la famille des OQADD (Outils de Questionnement et d'Analyse des politiques et projets en matière de Développement Durable), dont l'utilisation est très répandue

(Boutaud, 2006b). Ces outils, « dont la finalité consiste à évaluer, à analyser ou plus simplement à questionner des politiques ou des projets (dont l'état d'avancement est variable) par rapport aux exigences du développement durable » prennent le plus souvent la forme « d'une grille de critères, organisés et hiérarchisés en arborescence, et formulés sous forme de questions dont les résultats peuvent être (mais ne sont pas nécessairement) agrégés et pondérés entre eux » (Boutaud, 2006b p.221). De la même manière que les systèmes d'indicateurs davantage quantitatifs, « ils ont pour vocation à aider les porteurs de projets (ou de politiques) à prendre en compte le développement durable dans leur démarche » (Villalba *et al.*, 2005 p.6, rapportant les propos de A. Boutaud).

A. Boutaud nuance néanmoins l'efficacité des OQADD. En effet, il affirme que « les OQADD ne peuvent avoir qu'un impact limité dans la mesure où ils n'infléchissent que rarement les logiques mêmes des orientations générales du développement des territoires, des décisions les plus amont. Ils apparaissent ainsi comme des « pots catalytiques administratifs » plus ou moins efficaces élaborés et/ou utilisés par les services pour tenter de rendre « plus durables » des décisions trop souvent non interrogées elles-mêmes » (propos rapportés dans Villalba *et al.*, 2005 p.7).

On peut raisonnablement penser que cette limite n'est pas propre aux OQADD en particulier, mais à tous les systèmes d'indicateurs locaux voire à de nombreuses démarches d'évaluation, surtout si elles sont élaborées de manière volontariste, sans obligation réglementaire.

La conclusion que nous pouvons faire est que l'utilisation des indicateurs, et des méthodes d'évaluation en générale, n'est pas forcément un remède magique en faveur du développement durable. Les indicateurs et les autres méthodes d'évaluation peuvent être utiles dans un cadre d'aide à la décision pour l'action publique, mais doivent être portés par une ambition politique pour être réellement efficaces. De même, le choix de la forme du « système d'indicateur » et des indicateurs eux-mêmes n'est pas une tâche facile. Premièrement, les indicateurs du « système » doivent être cohérents avec les spécificités de l'action publique analysée et son échelle de mise en œuvre. La définition préalable des critères d'analyse est donc une étape déterminante.

Deuxièmement, comme le soulignent Jégou, Chastenot et al., l'indicateur est une représentation d'un phénomène et sa construction comprend donc une part de subjectivité. Cela est aussi vrai pour le résultat de l'indicateur qui est soumis à interprétation. Ici aussi, la définition des critères est une étape clé, car « ils ancrent les indicateurs dans une interprétation précisée en amont » (Jégou *et al.*, 2012).

Une autre manière de contourner les difficultés liées à l'interprétation des résultats d'une unique méthode d'évaluation (notamment si l'objet analysé est complexe en terme de relations de cause à effet entre variables), consiste à privilégier des évaluations

« complémentaires » en terme de choix d'indicateurs, d'échelle analysée, voire de méthode d'évaluation si besoin.

La partie suivante s'attachera à l'évaluation environnementale stratégique appliquée aux Plans et Programmes, et on s'intéressera à son application dans les SCOT et Plans Locaux d'Urbanisme, qui doivent aussi règlementairement contenir un système d'indicateur locaux, avec des spécificités que nous verrons.

Chapitre 2. L'évaluation des PLU : lois, objectifs, analyse des pratiques

Ce chapitre aborde les dispositifs d'évaluation des impacts des PLU. Il existe deux types d'études environnementales. La première peut être qualifiée d'étude environnementale « de droit commun » (Jégouzo, 2009b), car elle concerne l'ensemble des PLU du type loi SRU. La deuxième correspond à une procédure d'évaluation environnementale stratégique, que l'on peut aussi qualifier de « renforcée », issue de la Directive Européenne 2001/42/CE. Cette procédure s'applique à certains documents d'urbanisme, sous conditions. On commencera d'abord par présenter succinctement les objectifs de cette Directive Européenne, puis on précisera le champ d'application de la directive sur les documents de planification français, en spécifiant les évolutions liées au développement des PLU intercommunaux. Enfin, la suite détaillera le contenu des évaluations.

1. Le dispositif européen : l'évaluation stratégique des incidences sur l'environnement de certains « plans et programmes » - Directive 2001/42/CE

La Directive Européenne « plans et programmes » ou encore ESIE pour « Évaluation Stratégique des Incidences sur l'Environnement » vise à compléter la directive EIE (85/337/CEE) (Évaluation de certains projets publics et privés sur l'environnement), qui a donné lieu principalement aux procédures d'étude d'impact³⁷.

Le rapport sur les incidences environnementales des plans et programmes concernés par la directive doit contenir les éléments suivants :

³⁷ Site Europa : site officiel de l'Union européenne
europa.eu/legislation_summaries/environment/general_provisions/l28036_fr.htm

« - la teneur du plan ou du programme et ses principaux objectifs et les liens avec d'autres plans et programmes pertinents;
 - la situation environnementale existante et son évolution probable si le plan ou programme n'est pas réalisé;
 - les caractéristiques environnementales de la zone susceptible d'être affectée de manière notable par le plan ou le programme;
 - tout problème environnemental existant pertinent pour le plan ou le programme, notamment ceux relatifs aux zones du réseau Natura 2000 ;
 - les objectifs nationaux, communautaires ou internationaux de protection environnementale pertinents pour le plan ou le programme en question;
 - les incidences environnementales notables susceptibles de découler de la mise en œuvre du plan ou du programme;
 - toute mesure envisageable pour éviter, réduire et compenser les incidences négatives sur l'environnement;
 - un résumé des raisons pour lesquelles les autres solutions envisagées ont été sélectionnées;
 - une description de la manière dont l'évaluation a été effectuée;
 - les mesures de suivi envisagées;
 - un résumé non technique de ces informations. »

D'après le site d'Europa : europa.eu/legislation_summaries/environnement/

La directive plans et programmes de 2001, a été traduite en droit français en 2004 (ordonnance N° 2004-489 du 3 juin 2004) et le décret relatif aux documents d'urbanisme est sorti en 2005. (décret N° 2005-608).

Il ressortira au paragraphe suivant, relatif au contenu des évaluations environnementales des SCOT et PLU, que le législateur a quasiment recopié mot pour mot les dispositions de la Directive Européenne pour définir le contenu adapté aux documents d'urbanisme français. On fera remarquer que, l'application de la directive 2001/42/CE aux PLU diffère de l'application de la directive 85/337/CEE (évaluation de certains projets publics et privés sur l'environnement, donnant lieu aux études d'impact), dans le sens où, « le PLU n'a pas, en général, pour effet d'autoriser directement certains travaux ou opérations : il a seulement pour conséquence de les rendre juridiquement possibles, une seconde décision (DUP, permis de construire, etc.) étant nécessaire préalablement à leur réalisation. » (Jégouzo, 2009a p.1). La philosophie de l'évaluation environnementale des plans et programmes se situe donc, en amont de l'étude d'impact, en ce qu'elle est stratégique (Lerond *et al.*, 2003). (Voir aussi le paragraphe 3.1 du chapitre précédent sur l'évaluation environnementale stratégique).

L'évaluation environnementale stratégique, au titre de la directive « plans et programmes » s'applique en France à certains documents d'urbanisme. Les parties suivantes vont en préciser le champ d'action, le contenu, puis montreront les caractéristiques du dispositif

d'évaluation ex-post que requiert cette procédure, en vue d'en montrer les avantages et les limites qui seront développés au chapitre 3.

2. Les évaluations des SCOT et PLU « de droit commun », et l'évaluation environnementale au titre de la directive 2001/42/CE

2.1 Champ d'application de la directive plans et programmes en France

La partie législative du code de l'urbanisme fixe la liste des plans et programmes français concernés par l'évaluation au sens de la directive (article L121-10 du CU). (Voir la liste complète renvoyée en annexe 1). Les SCOT font l'objet d'une évaluation environnementale, ainsi que les PLU *susceptibles d'avoir des effets notables sur l'environnement au sens de la Directive Européenne, compte tenu notamment de la superficie du territoire auxquels ils s'appliquent, de la nature et de l'importance des travaux et aménagements qu'ils autorisent et de la sensibilité du milieu dans lequel ceux-ci doivent être réalisés. Les PLU qui comprennent les dispositions des plans de déplacements urbains* sont aussi concernés.

La partie réglementaire du code de l'urbanisme (article R121-14) précise la liste des PLU concernés. Jusqu'au 1^{er} février 2013, les documents concernés étaient les suivants :

- les PLU qui permettent la réalisation de travaux, ouvrages et aménagements susceptibles d'impacter un site Natura 2000,
- les PLU non couverts par un SCOT ayant lui-même fait l'objet d'une évaluation environnementale, sous réserve :
 - que le PLU concerne une commune d'une certaine taille (10.000 habitants, 5000 hectares) ;
 - ou que le PLU prévoit le passage de secteurs agricoles ou naturels en zone U ou AU à hauteur de 200 ha ;
 - ou encore que le PLU, s'il concerne des communes situées en zone de montagne prévoit de nouvelles unités touristiques ;
 - enfin, les PLU des communes littorales si elles prévoient la création, en secteurs naturels et agricoles de zones U et AU à hauteur de 50 ha.

La liste de ces plans a été modifiée et est entrée en vigueur au 1^{er} février 2013. La nouvelle rédaction de l'article R121-14 montre quelques changements par rapport à la version antérieure.

Premièrement, la prise en compte des zones Natura 2000 sera renforcée puisque, devront faire l'objet d'une évaluation environnementale les PLU susceptibles d'avoir des impacts notables sur Natura 2000 après un examen au cas par cas et les PLU dont le territoire

comprend tout ou partie d'un site Natura 2000. Actuellement, le réseau Natura 2000 couvre 12,55% du territoire français (6,9 millions d'hectares) pour 9000 communes (soit quand-même 24% d'entre-elles) et 15 millions d'habitants³⁸, ce qui n'est pas négligeable.

Si la raison de l'évaluation est la création de nouvelles unités touristiques en zone de montagne, cette raison ne sera plus subordonnée à l'absence d'évaluation environnementale du SCOT (on peut donc y voir aussi un renforcement). De même, tous les PLU comprenant au moins une commune littorale seront désormais concernés.

Enfin, la justification de la procédure d'évaluation environnementale pour les PLU de communes de taille suffisamment importante (10.000 habitants, 5000 hectares) et en l'absence d'évaluation à l'échelle du SCOT disparaîtra ; et laissera place aux PLU intercommunaux qui intégreront les dispositions d'un SCOT³⁹, et les PLU intercommunaux tenant lieu de PDU. On peut expliquer ces changements par le fait que la législation prévoit l'augmentation des PLU intercommunaux (dont un certain nombre d'entre eux auront valeur de PDU), ainsi que l'augmentation du nombre de SCOT sur le territoire (intégrant de fait une évaluation environnementale).

2.2 Contenu des évaluations

Depuis la loi SRU de 2000, les documents d'urbanisme doivent être plus transparents sur la manière de prendre en compte la préservation des milieux naturels et des ressources, ainsi que la limitation des pollutions et des nuisances au sein des orientations et des projets. A ces problématiques environnementales s'ajoutent d'autres principes tels que la mixité sociale et fonctionnelle, la satisfaction des besoins en matière d'habitat, etc. Ainsi, la loi SRU a insufflé une prise en compte de la « durabilité » au sein des documents sous ses 3 angles : environnemental, social et économique.

Cependant, la prise en compte de la protection de l'environnement par les documents de planification urbaine est plus ancienne. En effet, depuis 1977⁴⁰, le rapport de présentation des POS doit fournir une analyse de l'état initial de l'environnement et des incidences du POS sur cet environnement. Cette « étude environnementale de droit commun » a été ensuite reprise dans les PLU (Jégouzo, 2009b), par application du décret 2001-260 du 27 mars 2001 issu de la loi SRU. Aussi, certains PLU doivent fournir une évaluation environnementale « renforcée », au titre de la Directive Européenne plans et programmes de 2001. Ce paragraphe précise le contenu des deux types d'études environnementales.

³⁸ Site du Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, « les chiffres clés du réseau Natura 2000 », mis à jour le 22 novembre 2011. URL : www.developpement-durable.gouv.fr/Les-chiffres-cles-du-reseau-Natura.html

³⁹ Si le PLU est hors périmètre de SCOT il peut intégrer des dispositions d'urbanisme relevant de la compétence du SCOT, après l'accord du préfet.

⁴⁰ Suite à la loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature.

2.2.1 Contenu de l'étude environnementale « de droit commun – loi SRU »

Concrètement, tous les rapports de présentation des PLU doivent comporter à minima, et en plus du diagnostic urbain (Article R123-2 du CU), les éléments de l'étude environnementale de droit commun suivants :

- un état initial de l'environnement (profil environnemental) (2° alinéa)

La Loi ENE a récemment modifié le contenu du rapport de présentation des PLU soumis au droit commun en demandant (au 2° alinéa) que le rapport de présentation « *présente une analyse de la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers et justifie les objectifs de modération de cette consommation et de lutte contre l'étalement urbain arrêtés dans le projet d'aménagement et de développement durables au regard, notamment, des objectifs fixés, le cas échéant, par le schéma de cohérence territoriale, les dynamiques économiques et démographiques* » (art. R123-2, 2°). Cela reflète bien un des objectifs phares de la loi ENE, qui est de donner la priorité à la limitation de l'étalement urbain.

- l'explication des choix retenus pour élaborer le PADD et l'explication des choix retenus pour élaborer le zonage, les OAP et le règlement (3° alinéa),

- une analyse des incidences notables prévisibles du plan, et l'exposé de la manière dont le plan prend en compte le souci de sa préservation et sa mise en valeur (4° alinéa). Cette phase de la rédaction du rapport de présentation, ainsi que la précédente peuvent être considérées comme une évaluation ex-ante du plan, car « elles ont pour objectif d'estimer les impacts d'actions planifiées avant leur mise en œuvre » (Alexander, 2006).

- la présentation des indicateurs nécessaires à l'évaluation des résultats de l'application du plan, prévue 3 ans au plus après son approbation (alinéa 5°). Cette évaluation concerne l'effet du plan sur la satisfaction des besoins en logements, l'échéancier d'ouverture à l'urbanisation des zones AU et des équipements correspondant si elles existent (Article L 123-12-1 du CU).

Il apparaît ici que le bilan ex-post des PLU « de droit commun » n'est pas un bilan environnemental ou d'urbanisme durable, mais uniquement un bilan relatif à l'urbanisation et à la réponse quant à la demande de logements.

2.2.2 Contenu de l'évaluation environnementale « au titre de la directive 2001/42/CE »

Les PLU soumis à l'évaluation environnementale renforcée (au titre de la Directive Européenne « plans et programmes » 2001/42/CE) doivent fournir un certain nombre d'analyses supplémentaires et un degré de précision plus grand par rapport aux PLU de droit commun. Le PLU de Toulouse, dont la révision a été prescrite en mars 2011 s'est dotée d'une évaluation environnementale au titre de la Directive Européenne car la commune est concernée par deux zones Natura 2000⁴¹.

Ainsi, l'article R123-2-1 (en vigueur sous cette forme jusqu'au 1^{er} février 2013) qui précise le contenu du rapport de présentation des PLU soumis à Évaluation environnementale au titre de la directive « plans et programmes », exige :

- alinéa 2° : l'état initial de l'environnement, plus l'exposé des perspectives de son évolution (scénario au fil de l'eau, sans l'application des dispositions du nouveau plan), et l'exposition des caractéristiques des zones susceptibles d'être impactées. On remarque que contrairement aux PLU de droit commun, le droit n'exige plus l'analyse de la consommation d'espaces et la justification des objectifs de modération de cette consommation. Néanmoins, cette exigence est reportée sur la question des indicateurs (voir l'alinéa 5°)
- alinéa 3° : l'étude des incidences « notables » du plan sur l'environnement est requise, mais s'ajoute la question de l'étude des incidences sur les sites Natura 2000, appelée « Évaluation des incidences Natura 2000 » (article L414-4 du Code de l'environnement).
- alinéa 4° : la justification des choix retenus pour établir le PADD se fait au regard des objectifs de protection de l'environnement établis aux niveaux international, communautaire et national
- alinéa 5° : la présentation des mesures envisagées pour éviter, réduire et si possible, compenser les conséquences dommageables de la mise en œuvre du plan, ainsi que les critères, indicateurs et modalités retenus pour l'analyse des résultats de l'application du plan. Ce « bilan » doit être prévu au plus tard 6 ans après l'approbation du plan, concernant notamment l'environnement et la maîtrise de la consommation des espaces (article L123-12-2). On notera que, dans la version antérieure de cet article, l'évaluation ex-post était prévue au plus tard après 10 ans après approbation et seul l'enjeu « environnemental » était cité. Étant donné que le décret d'application de l'évaluation date de 2005 et qu'il faut compter en moyenne 3 ans minimum pour élaborer/réviser un document d'urbanisme, ce bilan n'a pour l'instant jamais eu lieu au sein des collectivités. Le retour d'expérience sur la conduite de ce

⁴¹ Le site d'intérêt communautaire FR 7301822 qui concerne la Garonne dans la totalité de la traversée de la ville de Toulouse ; et la zone de protection spéciale au titre de la Directive « Oiseaux », « Vallée de la Garonne de Muret à Moissac » n° FR7312014, qui couvre deux secteurs de la ville de Toulouse.

bilan et les analyses quant aux difficultés d'utilisation de ces dispositifs de suivi demeure inexistant.

On remarquera que la modification de cet article R123-2-1, survenue au 1^{er} février 2013 a prévu un 6^o alinéa pour cette seule question des indicateurs qui doivent concerner « notamment l'environnement et la maîtrise de la consommation des espaces », en lui donnant ainsi plus d'importance. Leurs objectifs sont plus explicites : « ils doivent permettre notamment de suivre les effets du plan sur l'environnement afin d'identifier, le cas échéant, à un stade précoce, les impacts négatifs imprévus et envisager, si nécessaire, les mesures appropriées ».

L'alinéa 3^o de l'article R123-2-1, relatif à l'étude des incidences « notables » du plan sur l'environnement insiste sur l'étude des incidences propres aux zones Natura 2000. Cette « Évaluation des incidences Natura 2000 », procédure spécifique dont le contenu est décrit à l'article R414-23 du Code de l'Environnement s'ajoute donc à l'étude d'incidence du PLU plus générale sur l'environnement prévue dans le rapport de présentation. Ainsi, bien que l'évaluation environnementale doit être « proportionnelle aux enjeux » (Merle *et al.*, 2011), il est préférable de supposer que l'étude d'incidence présente dans le rapport de présentation du PLU concernera bien sur ces sites, mais aussi toutes les thématiques « environnementales », voire « d'urbanisme durable » que doivent traiter les PLU soumis à Évaluation environnementale, pour des raisons autres que Natura 2000.

La lecture des textes législatifs et réglementaires montre que la législation n'était pas exempte d'ambiguïtés en ce qui concerne les PLU soumis à évaluation environnementale pour cause de site Natura 2000 jusqu'à février 2013. En effet, étaient concernés les PLU susceptibles d'avoir des effets notables sur l'environnement (L121-10 du CU), ou susceptibles d'affecter de manière significative un site Natura 2000 (article R121-14 du CU renvoyant au L414-4 du CE). Le caractère conditionnel renvoyé par les adjectifs « susceptibles » et « notables » laissait libre court aux interprétations (Dubois-Maury, 2010 p.118).

Face à cette ambiguïté, « les praticiens se sont résolus dans la plupart des cas à tenir un raisonnement simple mais efficace résumé par le syllogisme suivant : absence d'urbanisation à l'intérieur d'un site Natura 2000 = absence d'impact notable ou significatif, donc pas de procédure d'évaluation environnementale. », alors que la Cour de Justice de la Communauté Européenne exige, au contraire, l'application d'un principe de précaution (Merle *et al.*, 2011).

Cette ambiguïté n'était pas sans conséquence car, la démonstration de l'absence d'impact notable va jouer sur la forme que doit prendre l'étude d'incidence Natura 2000 et son degré de précision (voir la description plus précise de l'étude d'incidence Natura 2000 en annexe 2).

Néanmoins, ces difficultés quant à la réalisation ou non de l'étude d'incidence Natura 2000 qui conditionne le contenu du rapport de présentation du PLU devrait s'estomper avec la nouvelle version de l'article R121-14 du 1^{er} février 2013 qui liste les documents soumis à évaluation. La rédaction prévue est plus claire : tous les PLU comprenant tout ou partie d'un site Natura 2000, et ceux susceptibles d'impacter les sites de manière notable mais après une « étude au cas par cas » seront soumis à évaluation environnementale.

On voit bien que jusque là, la mise en œuvre d'une démarche d'évaluation environnementale pouvait comporter des difficultés. Les récentes évolutions de la législation soulignent une volonté de clarifier les démarches. De plus, les dialogues en amont de l'élaboration des documents d'urbanisme avec les services de l'État compétents en matière d'environnement sont apparus plus que nécessaires, surtout que l'État est devenu sévère quant à la qualité de ces évaluations environnementales. La note de cadrage fournie par l'État et une communication entre l'État et les rédacteurs des PLU permettent de lever le doute sur la nécessité de réaliser une évaluation environnementale pour cause de site Natura 2000, ainsi que sur le degré de précision de l'étude d'incidence sur Natura 2000 requis. Si des doutes concernant les éventuelles incidences du plan sur les sites persistent, l'État exigera des études d'incidences complémentaires, voire des mesures destinées à éviter des effets non désirés (qui passe le plus souvent par une adaptation du projet de PLU). Enfin, si au terme de la réalisation du plan et des analyses environnementales, l'État juge insuffisantes les études, il peut annuler le plan à ce motif, comme cela a été le cas pour la commune de Bouguenais à coté de Nantes en février 2011 (Gressus, 2011).

Nous avons parlé ici de l'évaluation environnementale appliquée aux PLU, mais elle est quasi similaire pour les SCOT, mis à part quelques différences (voir le R122-2 du code de l'urbanisme) :

- le SCOT doit présenter une analyse de la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers au cours des 10 dernières années et justifier les objectifs chiffrés de limitation fixés au SCOT,
- les indicateurs nécessaires au bilan du SCOT concernent notamment, l'environnement, les transports et déplacements, la maîtrise de la consommation d'espaces et l'implantation commerciale. Le champ des indicateurs est donc plus large pour les SCOT car s'ajoute par rapport au PLU la question des déplacements et du commerce. On peut supposer que les futurs PLU intercommunaux tenant lieu de PDU se verront obligés par les services de l'État compétents de compléter leur dispositif de suivi sur ces thématiques lors du cadrage préalable.

2.2.3 Une certaine liberté quant aux méthodes utilisées pour la réalisation des évaluations

Nous avons vu que la législation et la réglementation fixent le cadre général du contenu des évaluations, mais laissent le choix des méthodes utilisées. Pour le bilan que doivent effectuer les PLU (bilan ex-post), les critères que doivent aborder les indicateurs sont aussi spécifiés, mais sans préciser la liste des indicateurs à construire. Pour les PLU soumis à étude environnementale de droit commun, les indicateurs concernent « les besoins en logement, l'échéancier d'ouverture à l'urbanisation des zones AU et les équipements correspondants ». Pour les PLU soumis à évaluation environnementale au titre de la directive plans et programmes (donc les futurs PLU intercommunaux désormais de droit commun), ils doivent concerner « notamment » l'environnement et la maîtrise de la consommation des espaces. On suppose que lorsque le PLU est soumis à l'évaluation environnementale, les indicateurs doivent aussi traiter les besoins en logements, l'échéancier d'ouverture des zones AU et des équipements. L'adverbe « notamment » suggère que la liste est ouverte, de même que le flou concernant « l'environnement », dont le sens précis n'est pas établi.

Aussi, le CERTU a élaboré dans le cadre d'une journée « Réseau PLU 2008 – Évaluation environnementale des documents d'urbanisme » du 10 décembre 2008 une bibliographie non exhaustive des méthodes et outils existants (Champres, 2008).

Il ressort d'une comparaison entre les outils d'évaluation de la durabilité et les « méthodes d'urbanisme durable » les plus utilisés présentés lors de cette journée de communication que certains sont parfois mieux adaptés à l'étude de certaines thématiques environnementales qu'à d'autres (air, bruit, déchets, énergie, paysages, ...). Aussi, ils conviennent souvent à une étape spécifique de la réalisation de l'évaluation (diagnostic environnemental, choix des scénarii du PADD, suivi,...). Ainsi, l'utilisation de ces outils ne permet pas de réaliser une évaluation complète d'un plan et finalement, ils restent plus ou moins adaptés dans le cadre de l'évaluation environnementale d'un PLU⁴².

De manière plus générale, il semble que les bureaux d'étude ou collectivités réalisent, pour l'analyse des incidences, une analyse par entrée « thématique » des effets du PADD, des règles, des OAP (cas de la révision du PLU de Toulouse). De plus, l'analyse des incidences du projet de PLU peut se faire sur la base du nombre de nouveaux habitants ou de logements que le projet vise à accueillir. L'outil « GES-PLU » élaboré par le CERTU relève de ces

⁴² La Communauté Urbaine de Bordeaux intègre une « Approche Environnementale de l'Urbanisme » (AEU de l'ADEME) dans l'élaboration de son futur PLU.

démarches, car c'est un outil d'analyse élaboré qui permet d'évaluer différentes orientations de PADD selon les émissions de gaz à effet de serre qu'elles peuvent induire (Marseille, 2012).

L'étude d'incidence doit aussi bien traiter des orientations politiques que des règles d'urbanisme et du zonage. C'est là sa complexité car l'impact des règles est difficile à appréhender. De ce fait, la définition des « incidences » se fait parfois « a priori », sans quantification possible (par modélisation par exemple) ou méthode d'analyse claire. L'analyse de l'effet prévisible des modifications de chaque règle sur l'environnement est aussi parfois faite de manière vertueuse et exhaustive, mais les impacts prévisibles identifiés restent de l'ordre de l'hypothèse, (« à dire d'experts »). Le PLU de Montreuil en est un bon exemple (Commune de Montreuil, 2012).

Les indicateurs des dispositifs de suivi des PLU pourraient permettre d'observer les incidences des règles identifiées préalablement lors de l'élaboration du plan, mais de tels indicateurs, traitant en priorité des règles d'urbanisme, sont rares, et peu précis. On verra en effet dans les paragraphes suivants la forme et le fonctionnement des dispositifs de suivi des PLU, l'objectif des indicateurs ainsi que les avantages et les limites en termes d'analyse du dispositif réglementaire.

2.3 Analyse du dispositif de suivi des PLU exigé par l'évaluation environnementale : avantages et limites

Le paragraphe précédent a explicité le contenu des deux types d'évaluations auxquelles sont soumis les PLU : l'évaluation de droit commun et l'évaluation environnementale au titre de la Directive Européenne « plans et programmes ».

On rappelle que dans le cadre du droit commun, les indicateurs concernent l'effet du plan sur la satisfaction des besoins en logements, l'échéancier d'ouverture à l'urbanisation des zones AU et des équipements correspondants si elles existent (Article L 123-12-1 du CU).

Dans le cadre de l'évaluation environnementale complète, ils doivent porter, notamment, sur l'environnement et la consommation d'espaces (article L123-12-2 du CU).

La législation étant récente, il n'y a pas encore de retour d'expérience en matière de bilan des PLU. Néanmoins, les PLU qui présentent un dispositif de suivi contiennent un système d'indicateurs territoriaux de développement durable, très souvent sous la forme de « batteries d'indicateurs » que l'on peut appeler « tableaux de bord », comme ceux que l'on a présentés au paragraphe 3.2 du chapitre 1 de cette partie.

Les pratiques montrent que ces batteries d'indicateurs tendent souvent à traiter d'enjeux environnementaux au sens « d'écologiques » tels que la qualité de l'air, l'eau, la

consommation d'espaces agricoles et naturels..., que d'enjeux qui relèveraient plus de l'urbanisme durable (mixité sociale et fonctionnelle, transports ...). La manière dont est rédigé le code (« notamment en matière d'environnement et de consommation d'espace ») laisse une certaine liberté quant au choix de ces indicateurs, car la liste n'est pas arrêtée réglementairement, et les critères définissant « l'environnement » ne sont pas précisés. Si la vocation « environnementale » des grilles d'indicateurs peut être privilégiée, cela peut être lié, tout d'abord, à une volonté de simplifier au maximum la recherche d'indicateurs, tout en étant conforme au code de l'urbanisme. De plus, il semble que les indicateurs choisis dépendent de la taille des communes et des enjeux majeurs présents sur le territoire. En effet, si la liste précise des indicateurs et des thèmes «notamment environnementaux » à analyser n'est pas fixée par le code de l'urbanisme, la note de cadrage de l'Etat permet d'exiger le traitement d'enjeux propres à la commune, qui dépendent aussi de son importance. Ainsi, les grilles d'indicateurs semblent parfois se restreindre à cette liste thématique, en particulier pour les petites communes, qui traitent moins d'enjeux « d'urbanisme durable » au sens de l'article L121-1 du CU.

Quant à la forme que peuvent prendre certains de ces indicateurs, beaucoup ne relient pas directement l'enjeu environnemental analysé aux outils du PLU qui sont opposables aux tiers (règlement, zonage). Cela est dû à plusieurs raisons, dont la difficulté à analyser les relations complexes entre l'environnement urbain et la réglementation. Le paragraphe 1 du chapitre 3 de cette partie 2, en se basant sur des exemples d'indicateurs de PLU, approfondira l'analyse de ces différentes causes.

Néanmoins, dans le cadre de l'évaluation environnementale telle qu'exigée par la loi, ces indicateurs semblent convenir. En effet, ils doivent être conçus dans le but de répondre à trois objectifs : être le plus complet possible afin d'illustrer au mieux l'état de l'environnement (ou des thématiques du développement durable), être simple à la compréhension (ils sont aussi un outil de communication) et enfin facile à réaliser. De plus, la réalisation d'un tableau de bord est une tâche complexe (voir le paragraphe sur les indicateurs du développement durable des villes) et le choix de la forme du tableau de bord dépend aussi souvent des ressources (moyens techniques, données disponibles) dont dispose la collectivité. De ce fait, pour les communes rurales soumises à évaluation environnementale, il est préconisé des indicateurs simples aux données facilement accessibles (Bachelard, 2007).

Ainsi, ces types d'indicateurs existants sont tout à fait utiles pour évaluer les évolutions des enjeux territoriaux du territoire et si besoin utiliser le PLU, ou toute autre politique publique qui peut être directement plus efficace pour améliorer l'environnement dans le cas où le PLU, de par son champ d'action réglementaire n'est pas, à lui seul, capable d'agir sur la thématique environnementale.

Cependant, la limite que l'on peut pointer concerne le manque d'analyse précise du PLU dans sa fonction règlementaire, qui est pourtant son outil de mise en œuvre sur le territoire. Cela est valable pour l'analyse des incidences du PLU, parfois réalisée « a priori ». L'évaluation environnementale du PLU, dans son étude d'incidence et les indicateurs environnementaux ne prévoit pas une analyse précise des dynamiques règlementaires, car le degré de complexité paraît, à première vue, trop grand. Or, une connaissance plus fine de l'effet des règles permettrait d'agir plus efficacement lors de la modification du règlement du plan, et de mieux anticiper l'effet des règles sur le territoire, que ce soit du point de vue des formes urbaines ou des principes de « développement durable urbains » à défendre.

Conclusion du chapitre 2

On a vu dans ce chapitre que les SCOT et PLU sont soumis à un contrôle strict de la part de l'État pour l'évaluation, et cadrés par la loi. L'évaluation renforce la prise en compte de l'environnement et a l'avantage, en plus de faire prendre conscience des effets du plan qui est transversal, d'inciter à mobiliser d'autres politiques publiques plus ciblées que le PLU voire complètement dédiées à la gestion environnementale, en pointant les faiblesses.

Néanmoins, ces études environnementales restent de la responsabilité de la collectivité, qui pilote les projets. Or les collectivités ont aussi le devoir de favoriser les projets urbains phares, portés par les élus. On arrive donc à un conflit entre l'obligation de ne pas impacter l'environnement et la commande politique en matière d'aménagement. Tout l'enjeu en matière d'évaluation est donc d'éviter les impacts tout en permettant des projets d'aménagement. Il est du rôle des services de l'État qui font autorité en matière d'environnement, d'être suffisamment exigeants tout en ayant un rôle de conseil quant aux projets, dont le PLU.

Quant à l'analyse de l'effet des PLU par l'évaluation, il reste des limites à mentionner : la complexité de la ville ne semble pas permettre d'évaluer finement et exhaustivement les effets de politiques urbaines (d'où les incidences parfois définies « a priori »), et les indicateurs ne permettent pas toujours d'identifier la relation entre enjeu environnemental et règlement d'urbanisme.

La partie suivante approfondira ces questions, et expliquera en quoi les indicateurs des PLU courants sont nécessaires, mais qu'il paraît aussi important de connaître le fonctionnement des règles des documents d'urbanisme, d'évaluer leurs effets, dans un processus d'évaluation des politiques publiques et surtout d'aide à la décision.

Chapitre 3. Une évaluation environnementale des PLU, mais quelle évaluation réelle de l'effet de leurs règles ? Vers une évaluation des règlements complémentaire

Le chapitre précédent a montré qu'il existe une évaluation de droit commun et une évaluation environnementale obligatoire pour certains PLU avec un dispositif de suivi obligatoire pour chacune d'entre elles. Cependant, on a vu que le dispositif prévu dans le cadre de l'évaluation environnementale peut faciliter l'aide à la décision pour mobiliser l'action publique en faveur de l'environnement, mais pas forcément le Plan Local d'Urbanisme lui-même (ou du moins pas pour tous les enjeux). Ce chapitre montrera que, si on doit analyser l'effet du règlement sur la production de logement (droit commun) ou sur l'environnement et la consommation d'espaces (et cela est nécessaire), il peut être également utile de pouvoir analyser le fonctionnement et l'impact des règles d'urbanisme ainsi que la qualité du zonage sur le territoire, car ce sont les outils de mise en œuvre du PLU. On verra aussi qu'une telle méthode permettrait d'évaluer certains enjeux de durabilité urbaine, de faciliter l'aide à la décision quant aux modifications réglementaires à apporter, ainsi que la légitimation des règles auprès du public.

1. Une évaluation de l'impact des PLU sur l'environnement nécessaire, mais un dispositif de suivi peu en lien avec la règle et le zonage

Ce chapitre se focalise principalement sur les dispositifs d'évaluation ex-post des plans car, pour les documents d'urbanisme, si l'évaluation ex-ante permet de définir le projet de manière à limiter ces impacts (par le biais de l'étude des incidences), l'évaluation ex-post est la seule qui permette d'apprécier réellement ce qu'il est advenu après l'entrée en vigueur du plan et de prendre des décisions de modification en conséquence.

Les indicateurs environnementaux des PLU sont légitimes dans le cadre de l'évaluation environnementale, mais du point de vue de l'étude des effets du PLU, ils sont parfois peu en lien avec la règle ou alors, s'ils le sont, ils ne permettent pas de comprendre précisément l'action ou l'impact des règles. En effet, souvent les indicateurs environnementaux thématiques, qui donnent l'état d'un enjeu environnemental (type qualité de l'eau, de l'air, ...) prévoient de déduire l'effet du PLU sur l'environnement par le nombre potentiel de nouveaux habitants qu'il a généré⁴³. Il n'y a pas de fonction qui relie directement la règle d'urbanisme à la thématique environnementale ; c'est donc une déduction « a priori » de l'effet du PLU qui n'est pourtant évidemment pas responsable à lui seul de toutes les

⁴³ Cela suit la même logique que l'outil d'évaluation des incidences ex-ante « GES-PLU » élaboré par le CERTU, qui propose de comparer les émissions de gaz à effets de serre de plusieurs scénarios, qui sont en fait des options potentielles du PADD (Marseille, 2012).

dynamiques urbaines. Il existe aussi des indicateurs plus en lien avec la planification urbaine locale (consommation d'espaces, densité) mais leur simplicité ne permet pas une analyse fine de l'effet des règles d'urbanisme et de ce qu'elles produisent localement (par zone notamment) pour pouvoir les modifier ensuite⁴⁴.

Les indicateurs présentés dans le tableau ci-dessous (tableau 1) sont ceux que l'on retrouve dans la plupart des PLU soumis à évaluation environnementale. Dix systèmes d'indicateurs de PLU ont été analysés, à partir de PLU de villes de tailles différentes (en termes d'habitants), et approuvés récemment (après 2010). Sept bureaux d'études ou groupements différents ont été mandatés pour travailler à l'élaboration de ces 10 PLU. Les grilles d'indicateurs sont donc le fait de la validation de conseils municipaux différents, à partir de bureaux d'études spécialisés différents. Les PLU analysés sont ceux des communes suivantes :

- Toulouse : Haute-Garonne, environ 400.000 habitants (CU Toulouse Metropole, 2011),
- Nice : Alpes-Maritimes, environ 300.000 habitants (CU Nice Côte d'Azur, 2010),
- Montreuil : Seine-Saint-Denis, environ 100.000 habitants (Commune de Montreuil, 2012),
- La Trinité : Alpes-Maritimes, environ 10.500 habitants (CU Nice Côte d'Azur, 2011),
- Séné : Morbihan, environ 9000 habitants (Commune de Séné, 2011),
- Saint-Zacharie : Var, environ 5000 habitants (Commune de Saint Zacharie, 2012),
- Saint-Paul-De-Vence : Alpes-Maritimes, environ 3500 habitants (Commune de Saint Paul-de Vence, 2013),
- Peynier : Bouches-du-Rhône environ 3000 habitants (Commune de Peynier, 2013),
- Bras : Var, environ 2500 habitants (Commune de Bras, 2013),
- Bligny-Lès-Beaune : Côte d'Or, environ 1000 habitants (Commune de Bligny Les Beaune, 2013).

Il ressort de l'analyse des PLU que globalement les indicateurs mobilisés sont les mêmes d'un PLU à l'autre, notamment ceux qui traitent de « l'environnement » au sens « d'écologie » ; certains PLU présentent également des indicateurs relevant d'autres thématiques du développement durable telles que la mixité sociale, la protection du patrimoine, etc... On trouve aussi des indicateurs relatifs à la production de logements. Le tableau 1 fait apparaître le degré de liaison entre les indicateurs et le dispositif réglementaire du PLU. Ce degré est défini de manière intuitive, connaissant la fonction des pièces réglementaires du PLU, et le champ d'action des articles des règlements. S'il est assez aisé de juger d'une relation « faible » entre l'indicateur et le règlement, il est plus difficile de distinguer une relation « forte » ou « moyenne ». Quand l'indicateur fait référence à un outil

⁴⁴ Voir le document du Gridauh (Inserguet, Planchet 2011) qui dresse une liste d'indicateurs pour analyser la durabilité du PLU : ces indicateurs sont nombreux, vertueux et questionnent le plan en profondeur, mais on retrouve pour certains indicateurs la caractéristique énoncée ici, c'est-à-dire un manque de lien avec la marge d'action réelle du PLU (Inserguet *et al.*, 2011).

qui est mentionné au règlement (surtout graphique) ou aux annexes du PLU, sans pour autant être du ressort du PLU, on juge la relation moyenne. Idem s'il existe une relation, mais qui reste plutôt indirecte entre l'indicateur et une règle du PLU. Quand l'indicateur fait plus clairement référence au zonage ou à une règle provenant du PLU, alors on juge que la relation existe (qualifiée de « forte »). Le PLU de Nice approuvé le 23 décembre 2010 est par ailleurs intéressant car il présente des indicateurs faisant aussi référence aux règles du PLU. Ce tableau n'est évidemment pas une liste exhaustive des indicateurs que l'on trouve dans les PLU, mais permet d'apprécier le type d'indicateurs dont ils sont pourvus.

Exemple d'indicateurs des PLU : liste non exhaustive	Relation entre les pièces réglementaires du PLU et l'indicateur		
	Très faible	Moyenne	Forte
- pourcentage de la surface communale couverte par les espaces verts		X	
- pourcentage d'espaces verts par habitants	X		
- nombres d'espèces faunistiques/fauristiques	X		
- fréquentation des transports en commun	X		
- longueur du linéaire cyclable	X		
- nombre de places de stationnement			X
- nombre de bâtiments publics équipés de dispositifs de production d'énergies renouvelables	X		
- nombre d'autorisations d'urbanisme délivrées pour des dispositifs de production d'énergies renouvelables		X	
- indice ATMO (qualité de l'air)	X		
- qualité des rejets de station d'épuration et capacité de la station	X		
- qualité de l'eau distribuée	X		
- déchets générés par les habitants (en kg/an)	X		
- nombre de sites pollués (BASOL)	X		
- nombre de sites et monuments protégés, inscrits ou classés (la relation dépend de l'origine de l'outil : PLU ou État)		X	X
- Nombre de Plans de Prévention des Risques approuvés		X	
- consommation de zones N, A, AU			X
- évolution de la tâche urbaine ou emprise au sol des tissus bâtis		X	
- densité de logements		X	
- nombre de permis de construire accordés et localisation		X	
- pourcentage de nouvelles constructions à proximité du réseau de transport en commun (ou densité de population (voir Nice))		X	
- nombre de permis de construire délivrés dans les zones à risque		X	
- nombre de permis de construire utilisant un dépassement de hauteur de 3,5 m au-delà de la règle de hauteur maximale, pour l'installation de systèmes écologiques (voir le PLU de Nice)			X
- nombre de réhabilitation pour amélioration énergétique ayant bénéficié d'un Bonus de COS (voir PLU de Nice) ou de constructibilité			X
- pourcentage moyen de l'unité foncière aménagée en espace vert (voir PLU de Nice), on peut aussi imaginer un indicateur calculant une densité bâtie sur l'unité foncière			X
- taux de logements sociaux sur la commune			X

Tableau 1. Exemples d'indicateurs de suivi des PLU

On voit que les indicateurs « environnementaux » au sens « d'écologie » ont un lien faible avec le PLU, mis à part les indicateurs qui traitent de la consommation d'espaces et qui font référence à l'évolution des zones N, A et AU.

On observe aussi des indicateurs qui font référence aux permis de construire, et donc à la production bâtie, avec pour objectif entre autres, de quantifier la production de logements (comme demandé à l'article R123-2 pour le bilan des PLU avec étude environnementale de « droit commun »). Ici encore, le lien avec le PLU n'est pas réellement direct, puisque le PLU définit davantage des possibilités quant à la constructibilité. Ces indicateurs, s'ils ne traitent pas réellement des règles d'urbanisme, peuvent cependant permettre de voir, par exemple, si les zones du PLU dédiées à l'accueil de l'habitat présentent bien une production suffisante de futurs logements.

Enfin, certains indicateurs font le lien avec les règles du PLU, comme ceux de Nice, qui propose une démarche plus avancée. Ils proposent même un indicateur calculant le pourcentage (en surface) des unités foncières qui est aménagé en espace vert, ce qui est proche d'un des indicateurs créés dans le cadre de cette thèse. Cependant, une des limites est que ces indicateurs ne semblent pas faire le lien avec les différentes zones du PLU et leurs spécificités. Ils semblent être calculés pour l'ensemble du territoire, sans distinction. Cela ne permet pas une analyse précise. Ils répondent en effet à une volonté de créer un corpus d'indicateurs suffisamment simple et synthétique.

En résumé, Les principales raisons qui font que les indicateurs des PLU ne permettent pas une analyse précise de l'effet des règles sont les suivantes:

- la forme que prennent les grilles d'indicateurs des évaluations environnementales ne facilite pas une analyse poussée des effets réglementaires :

On a vu que si le code de l'urbanisme exige la réalisation d'indicateurs, (concernant, dans le cadre du droit commun, la satisfaction des besoins en logements, l'échéancier d'ouverture à l'urbanisation des zones AU et des équipements correspondants, et dans le cadre de l'évaluation environnementale, l'environnement et la consommation d'espaces), le nombre d'indicateurs requis, leur forme ne sont pas précisés. Néanmoins, l'analyse des PLU qui disposent d'indicateurs montre que ces indicateurs sont le plus souvent simples à la compréhension et à la réalisation. Leurs caractéristiques sont en fait celles requises pour les indicateurs de manière générale (voir le paragraphe 3.2 du chapitre 1 où ces caractéristiques sont détaillées).

De ce fait, la forme des grilles d'indicateurs des PLU ne permet pas de passer à une évaluation ex-post réglementaire très élaborée, c'est-à-dire fine, et donnant des résultats

localisés (spatialisés), par exemple correspondant aux différentes zones réglementaires prévues au plan.

- la deuxième raison est la relation indirecte entre certains enjeux environnementaux et les règles. Cela est dû à divers facteurs. L'évaluation environnementale doit montrer les effets du plan sur l'environnement. Or, le « plan », et « l'environnement » sont tous les deux complexes dans le sens où plusieurs variables interagissent en même temps. « L'environnement » et notamment « l'environnement urbain », est assimilable à un système, et il peut être extrêmement difficile de trouver la fonction qui relie un enjeu d'urbanisme et son effet sur un enjeu écologique. S'ajoute à cela le lien qu'il faut faire avec le plan d'urbanisme pour répondre aux exigences de l'évaluation. Et une fois encore, la portée des documents de planification ne facilite pas l'établissement de liens évidents entre plan et territoire. Premièrement, les Plans Locaux d'Urbanisme ne sont pas des documents à vocation de préservation de l'environnement uniquement⁴⁵, mais des documents transversaux qui, historiquement, fixent des règles d'urbanisme opposables aux tiers à l'échelle du bâti (en termes de destination de la construction, de contraintes formelles du bâti et d'aménagement de la parcelle) ainsi que des règles d'organisation spatiale par le biais du zonage et des outils réglementaires favorisant les équipements d'intérêt collectifs⁴⁶. Ces règles doivent être rédigées en cohérence avec les législations s'imposant à la planification et avec le projet de développement communal contenu dans le PADD. Cette transversalité ne facilite pas l'évaluation sur les enjeux environnementaux car le lien entre les leviers du plan transversaux et « l'environnement » est alors difficile à établir.

Enfin, à la transversalité des objectifs de la planification spatiale et urbaine s'ajoutent, à l'échelle communale, la complexité et l'indéterminisme des règles (que nous avons déjà vus au chapitre 2 de la partie 1) et qui tous deux, ne facilitent pas l'établissement de liens de cause à effet entre le plan et le territoire.

Cependant, on a vu que s'il existe des limites quant à la détermination des fonctions qui relient « l'environnement urbain » et le règlement du PLU, obtenir des indications sur l'état d'enjeux environnementaux du territoire et leur évolution présente des avantages. Premièrement, quand le règlement du PLU est concerné par un enjeu environnemental (ou d'environnement urbain) dont l'état nécessite une prise de décision publique, alors l'adaptation des règles et du zonage peuvent être mobilisés. Deuxièmement, Lorsque le PLU n'est pas directement concerné, les indicateurs des évaluations permettent plus

⁴⁵ L'environnement en est un parmi d'autres, voir l'article L121-1 du code de l'urbanisme qui précise les objectifs des SCOT et PLU, et le paragraphe 2.3, partie 1, chapitre 2 intitulé « 2.3 « Les PLU et le développement durable » : le PLU est une boîte à outils, à coordonner avec d'autres politiques publiques ».

⁴⁶ Tels que les emplacements réservés et les autres outils de réservation foncière ou de protection pour les espaces verts, la voirie, le patrimoine, le logement social,...

généralement de mettre en lumière des dysfonctionnements environnementaux, et finalement, permettent de mobiliser une autre politique plus adaptée à la gestion environnementale. Il semble simplement que ces méthodes mériteraient d'être couplées à une analyse plus fine des effets du règlement sur le territoire pour avoir une vision plus globale des impacts du plan.

D'autre part, l'évaluation environnementale ex-post des plans est d'ailleurs souvent sectorielle et ne renvoie pas à une évaluation globale des effets des plans qui portent sur des objectifs transversaux. En effet, bien que le code de l'urbanisme ne limite pas les thématiques que doivent aborder les indicateurs (l'ensemble des enjeux définis à l'article L121-1 du CU peuvent être traités), certains PLU élaborent une grille presque uniquement axée sur l'environnement et la satisfaction des besoins en logements (par exemple les PLU de Bras, Peynier et Bligny-Lès-Beaune analysés ici). Si le code reste vague quant à la définition de « l'environnement » et des thèmes à évaluer, la note de cadrage de l'Etat permet de préciser la liste des enjeux que doit obligatoirement aborder l'évaluation environnementale, et ceux-ci dépendent évidemment de la situation de la commune, mais aussi de son importance, (notamment pour les thèmes liés à l'urbanisme durable). Cependant il semblerait quand même que les grilles d'indicateurs « exclusivement écologiques » pourraient parfois être étoffées, en intégrant certains indicateurs de « durabilité urbaine ».

De plus, on a vu en partie 1 que traditionnellement, les objectifs des documents de planification urbaine en France étaient l'organisation et le contrôle de l'occupation des sols et cela s'est traduit par des règles d'occupation des sols et un zonage, avec une action plus directe sur les enjeux listés ci-dessous :

- la destination des constructions,
- les contraintes formelles du bâti (qui vont jouer sur la forme des tissus urbains),
- les contraintes d'aménagement de la parcelle (idem, impact sur la morphologie urbaine),
- l'organisation spatiale par le biais du zonage,
- la favorisation des équipements d'intérêt collectif (les emplacements réservés et les autres outils de réservation foncière ou de protection pour les espaces verts, la voirie, le patrimoine, le logement social,...).

Or on verra aux paragraphes suivants que l'évaluation de ces enjeux très présents dans les PLU est insuffisante, et qu'il est intéressant de la développer. Une approche qui permettrait une analyse plus poussée des différentes zones et des effets des différentes règles sur des thèmes d'urbanisme réglementaire traditionnel serait complémentaire aux grilles d'indicateurs des PLU telles qu'elles existent aujourd'hui. Elle servirait d'outil d'aide à la décision pour les rédacteurs des PLU.

2. Un manque de connaissance de l'effet des règles dans leurs objectifs traditionnels : un besoin pour les rédacteurs des PLU et les habitants

Il n'existe pas, à notre connaissance, en France, de méthode élaborée d'aide à la décision pour les rédacteurs des PLU, qui leur permettrait d'analyser l'impact réel de la mise en œuvre des objectifs traditionnels des Plans Locaux d'Urbanisme que nous venons de présenter.

Les collectivités territoriales utilisent de plus en plus les modèles 3D urbains pour modéliser l'enveloppe règlementaire constructible permise par les règles du PLU, et il est aujourd'hui possible de modéliser finement l'effet combiné des différentes règles sur l'enveloppe constructible, de manière prospective (Brasebin *et al.*, 2011). L'analyse prospective des règles (utilisable dans un cadre d'évaluation ex-ante) est donc possible. Cependant, si ces méthodes se développent, il semble qu'il manque les analyses ex-post des règles traditionnelles du PLU (qui pourraient être complémentaires aux analyses prospectives) et qui reflèteraient aussi l'indéterminisme des règles (dont nous avons parlé au chapitre 2 de la partie 1) et donc, l'effet réel des PLU sur les différentes zones.

En effet, s'il existe des indicateurs d'évaluation ex-post dans les documents de planification, tels que portant sur la consommation d'espace, l'évolution des logements, de la densité bâtie, le taux d'espaces verts..., peu permettent de faire le lien avec l'effet des règles de ces différentes zones.

Face à la complexité des règlements et le caractère imprévisible de l'évolution des tissus urbains, les rédacteurs des PLU peuvent avoir des difficultés à anticiper, puis analyser les effets des règles qui ont été dictées. Aussi, vu que les évaluations « règlementaires » manquent, la question des critères sur lesquels les rédacteurs des PLU se basent pour adapter à nouveau les règlements se pose (dans le cadre de modifications par exemple)⁴⁷. Mon expérience au sein du service de la réglementation urbaine (en charge de l'élaboration des PLU de Toulouse Métropole) a confirmé ce manque de retour sur l'effet des règlements, car les personnes en charge de leur rédaction m'ont affirmé que jamais ils n'avaient de retour ex-post sur l'effet des règles sur les formes urbaines.

Enfin, le PLU, par sa fonction, comporte des limitations évidentes au droit de propriété et rappelons qu'il doit aussi respecter le principe « d'égalité devant la loi » qui existe depuis 1789 (Déclaration des droits de l'homme et du citoyen, article 6) (Lassus, 2002). Cela

⁴⁷ Les modifications règlementaires se font souvent suite à l'analyse des requêtes des habitants quant à l'évolution des règles existantes, dans leur intérêt.

implique que la rédaction des règlements soit une tâche délicate, d'autant plus que le contenu est communiqué à la population concernée lors de l'enquête publique. Il est alors clair que l'utilisation de données objectives montrant l'évolution des tissus urbains en lien avec les règles pourrait donner du crédit et de la transparence au discours des techniciens des collectivités et des élus face à une population difficile à convaincre.

3. Connaître les dynamiques réglementaires traditionnelles peut faciliter l'atteinte de certains objectifs du développement durable et être un complément aux études environnementales

En prenant les 14 articles courants des PLU qui peuvent être utilisés pour chaque zone, (on ne prend pas en compte ici les deux derniers apportés par la loi ENE)⁴⁸, on observe que 7 d'entre eux ont un impact direct sur la forme du bâti et l'organisation du bâti sur la parcelle. Les articles 6, 7 et 8 traitent de l'implantation et vont donc conditionner l'enveloppe constructible, l'article 9 gère l'emprise au sol et le 10 la hauteur, tous deux ont donc un impact sur cette enveloppe. Le 13 permet d'édicter des règles sur les espaces libres (tels que le pourcentage d'espaces verts notamment) et fait donc le pendant de l'article 9, enfin l'article 14 permet de définir un coefficient d'occupation des sols, qui contraint directement la constructibilité (et donc la densité bâtie).

Ainsi, la constructibilité et la relation entre surface bâtie/surface libre sont des enjeux majeurs traités par les règlements. Sept articles pouvant avoir une influence sur le même enjeu (on rappelle que seuls les 6 et 7 sont obligatoires, mais presque tous les PLU utilisent 12 articles), on peut considérer qu'analyser la constructibilité et le rapport surface bâtie/surface libre de chaque zone permettrait de cerner l'effet de ces jeux de règles, et en comparant les résultats de chaque zone, de déduire l'impact réglementaire sur les formes propres à chacune.

D'autres enjeux majeurs traités par les PLU portent sur la destination des constructions, la favorisation des équipements d'intérêt collectifs (les emplacements réservés et les autres outils de réservation foncière ou de protection pour les espaces verts, la voirie, le patrimoine, le logement social,...) et l'organisation spatiale par le biais du zonage. Une solution d'analyse

⁴⁸ Les deux articles sont les suivants :

- 15° Les obligations imposées aux constructions, travaux, installations et aménagements, en matière de performances énergétiques et environnementales ;
- 16° Les obligations imposées aux constructions, travaux, installations et aménagements, en matière d'infrastructures et réseaux de communication électroniques.

D'après l'article R123-9 du Code de l'Urbanisme

simple de ces dispositifs règlementaires est de se baser sur le zonage et d'analyser pour chacune des zones les aménités correspondantes, c'est-à-dire les « équipements » participant à la vie urbaine et à sa qualité.

Ainsi, en proposant de s'intéresser, pour chaque zone, aux contraintes formelles du bâti (qui vont jouer sur la forme des tissus urbains), aux contraintes d'aménagement de la parcelle, ainsi qu'aux aménités de chaque zone, on peut avoir une vision assez large de l'effet réglementaire des PLU sur le territoire, dans ses fonctions initiales.

Par ailleurs, ces 3 grands enjeux traditionnels couvrent un certain nombre d'enjeux du « développement durable urbain » tels que retranscrits à l'article L121-1 du code de l'urbanisme qui fixe les objectifs des SCOT et des PLU « dans le respect des objectifs du développement durable ». Cela implique que leur analyse et leur évaluation peuvent s'apparenter à une évaluation réglementaire (plus ou moins directe) du PLU au regard du développement durable, tel qu'il est défini par le code, en plus d'être une évaluation réglementaire directe sur l'organisation spatiale et les formes urbaines.

Ce qui suit confronte les objectifs dictés à l'article L121-1 avec ces 3 enjeux traditionnels. L'intérêt est de voir si l'évaluation de ce type d'enjeux pourrait bien répondre à une évaluation des PLU au regard de leurs objectifs législatifs. On verra ainsi que ces 3 enjeux répondent à un certain nombre d'objectifs listés au L121-1, et que les autres correspondent en fait aux thèmes « écologiques » traités par les indicateurs courants des PLU soumis à évaluation environnementale (avec les limites qu'on leur connaît en terme de « lien » avec les règlements). Les deux approches semblent donc complémentaires.

On citera surtout les liens de cause à effet les plus directs entre les 3 enjeux et l'objectif cité par le code, car évidemment, pour chacun d'entre eux des relations indirectes existent aussi.

Le contenu de l'article L121-1 du CU est rappelé ci-dessous.

« Les schémas de cohérence territoriale, les Plans Locaux d'Urbanisme et les cartes communales déterminent les conditions permettant d'assurer, dans le respect des objectifs du développement durable :

1° L'équilibre entre :

a) Le renouvellement urbain, le développement urbain maîtrisé, la restructuration des espaces urbanisés, la revitalisation des centres urbains et ruraux ;

b) L'utilisation économe des espaces naturels, la préservation des espaces affectés aux activités agricoles et forestières, et la protection des sites, des milieux et paysages naturels ;

c) La sauvegarde des ensembles urbains et du patrimoine bâti remarquables ;

1° bis La qualité urbaine, architecturale et paysagère des entrées de ville ;

2° La diversité des fonctions urbaines et rurales et la mixité sociale dans l'habitat, en prévoyant des capacités de construction et de réhabilitation suffisantes pour la satisfaction, sans discrimination, des besoins présents et futurs en matière d'habitat, d'activités économiques, touristiques, sportives, culturelles et d'intérêt général ainsi que d'équipements publics et d'équipement commercial, en tenant compte en particulier des objectifs de répartition géographiquement équilibrée entre emploi, habitat, commerces et services, d'amélioration des performances énergétiques, de développement des communications électroniques, de diminution des obligations de déplacements et de développement des transports collectifs ;

3° La réduction des émissions de gaz à effet de serre, la maîtrise de l'énergie et la production énergétique à partir de sources renouvelables, la préservation de la qualité de l'air, de l'eau, du sol et du sous-sol, des ressources naturelles, de la biodiversité, des écosystèmes, des espaces verts, la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques, et la prévention des risques naturels prévisibles, des risques technologiques, des pollutions et des nuisances de toute nature. »

Article L121-1 du Code de l'Urbanisme

Les enjeux règlementaires liés aux contraintes formelles du bâti et aux contraintes d'aménagement de la parcelle, en influençant la forme et l'évolution des tissus urbains, vont jouer sur le développement urbain maîtrisé, la restructuration des espaces urbanisés, la revitalisation des centres urbains et ruraux. Ces enjeux sont également liés à la prévision « des capacités de construction et de réhabilitation suffisantes pour la satisfaction, sans discrimination, des besoins présents et futurs en matière d'habitat », en jouant sur la densité et les formes bâties permises dans chaque zone. Ainsi, ils répondent à l'alinéa 1° a) et en partie à l'alinéa 2°.

Une analyse des aménités urbaines des différentes zones permet d'aborder une des composantes de la « qualité urbaine » (alinéa 1° bis), même si cette notion fait également intervenir d'autres éléments plus subjectifs. Aussi, une analyse des équipements et aménités de chaque zone du plan, s'ils correspondent à ceux qui sont listés à l'alinéa 2° : « la diversité des fonctions urbaines et rurales », « la mixité sociale dans l'habitat », « d'activités économiques, touristiques, sportives, culturelles et d'intérêt général ainsi que d'équipements

publics et d'équipement commercial », « de développement des transports collectifs » est, par exemple, envisageable. La comparaison des résultats obtenus pour les zones et leurs unités de zonage⁴⁹, en termes « d'objectifs de répartition géographiquement équilibrée entre emploi, habitat, commerces et services » est un des moyens d'évaluer la réponse du plan quant à cet objectif.

Une analyse du taux d'espaces verts, si on les considère en tant qu'aménités urbaines, peut aussi répondre en partie à l'alinéa 1°b). Enfin, une étude pour chaque zone des outils de protection du patrimoine, considérant aussi les éléments patrimoniaux comme « aménités » pourraient répondre à l'enjeu 1° c).

Les autres objectifs de l'article L121-1 tels que le 1°b (protection des sites, milieux et paysages), et ceux de l'alinéa 3° sont les enjeux qui sont actuellement traités par les grilles d'indicateurs des PLU (énergie, air, eau, risques, pollutions, nuisances, etc.). Enfin, « la qualité architecturale et des entrées de villes⁵⁰ » (1 bis) est un objectif qui, pour être évalué, nécessite d'engager des études plus « sensibles » telle que l'analyse paysagère.

Ainsi, on voit que l'analyse des 3 enjeux traditionnels est intéressante du point de vue de l'évaluation du PLU, au regard des obligations qui lui incombent. Les objectifs du L121-1 sont autant de critères qu'il est possible d'analyser et d'évaluer. La thèse propose la création d'indicateurs qui se basent sur les 3 enjeux traditionnels, et répondent à la plupart des critères présentés ci-dessus comme « analysables ».

⁴⁹ Chaque zone du PLU est découpée en sous-objets géographique, appelés ici « unités de zonage ».

⁵⁰ Un des moyens (mais cela n'est pas le seul) de traiter les entrées de villes et de se baser sur une analyse du dispositif de l'amendement Dupont, qui précise qu' « en dehors des espaces urbanisés des communes, les constructions ou installations sont interdites dans une bande de cent mètres de part et d'autre de l'axe des autoroutes, des routes express et des déviations au sens du code de la voirie routière et de soixante-quinze mètres de part et d'autre de l'axe des autres routes classées à grande circulation », sauf études spécifiques (article L111-1-4 du code de l'urbanisme).

Conclusion du chapitre 3 : perspectives d'utilisation d'une méthode d'évaluation des règlements comme outil d'aide à la décision

En résumé, s'intéresser aux enjeux traditionnels des PLU, en plus de comprendre les dynamiques formelles des tissus induites par les règles et de pouvoir qualifier le zonage (pour apporter des modifications par la suite, si besoin) peut permettre de faire le lien de manière assez directe avec un bon nombre d'enjeux d'urbanisme et plus spécifiquement, « d'urbanisme durable » définis à l'article L121-1 du code de l'urbanisme. Aussi, pour certains enjeux (environnementaux surtout) où il est difficile de déterminer un lien direct entre l'urbanisme réglementaire et l'enjeu, on observe que les indicateurs courants des évaluations environnementales peuvent y répondre. On voit donc que les deux approches sont complémentaires et peuvent donner une vision large de l'effet des PLU.

Enfin, dans un cadre d'aide à la décision, ce type de méthode pourrait faciliter la compréhension des rédacteurs des PLU sur l'effet des règles, et donc, par la suite, de favoriser l'établissement de propositions de modifications réglementaires.

Finalement, les propositions méthodologiques de la thèse permettent à la fois une évaluation du plan au regard de certains enjeux d'urbanisme durable, et une analyse des effets du plan, considérant les règles qui y sont édictées. Ainsi, les propositions relèvent de la notion d'évaluation, et de la notion de dispositif de contrôle (ou d'audit) comme l'explique A. Boutaud (Boutaud, 2006b p.172).

Dans la partie 3 de la thèse, les critères, indicateurs, et méthodes d'agrégation retenus pour la méthode d'évaluation proposée seront présentés. Ces indicateurs créés ne sont pas exhaustifs si on les compare L121-1 du code de l'urbanisme car il y a des contraintes sur les données disponibles et l'ampleur des analyses à réaliser. Néanmoins, ils permettent une analyse des 3 enjeux réglementaires traditionnels dont nous avons parlé. Pour ce jeu de critères, les résultats obtenus permettent d'apprécier assez bien les effets du PLU ex-post sur chaque zone, voire même d'envisager des pistes d'évaluation ex-ante en se basant sur les mêmes principes méthodologiques, comme nous le montrerons au chapitre 2 de la partie suivante.

PARTIE 3 : Proposition d'une méthode complémentaire aux dispositifs de suivi des évaluations des PLU : une évaluation réglementaire appliquée à la ville de Toulouse

Chapitre 1. Développement d'une méthode d'évaluation du plan d'urbanisme réglementaire

La partie 2 a souligné les limites de la connaissance des effets de l'urbanisme réglementaire traditionnel et les apports qui résulteraient de la création d'outils complémentaires.

Ce chapitre va d'abord exposer les hypothèses que cette thèse vise à démontrer. Ensuite, on montrera qu'un des intérêts de la méthode est qu'elle s'applique dans le cadre de « l'urbanisme diffus ».

Enfin, l'ensemble de la démarche sera présentée, les critères et indicateurs seront définis et les concepts confrontés aux enjeux locaux et aux notions portées par la littérature. La dernière partie décrira les méthodes d'agrégation choisies.

1. Hypothèses pour le développement d'une méthode d'évaluation de l'urbanisme réglementaire

Cette thèse, en proposant un certain nombre d'outils et d'analyses spatiales a pour but de répondre aux questions suivantes :

Quels sont les impacts de l'urbanisme réglementaire en France en termes d'impacts environnementaux, morphologiques et d'équipements ? Comment peut-on les identifier et évaluer ?

Les deux premières parties ont déjà donné des éléments de réponse plus généraux concernant la planification urbaine en France et les différents types de méthodes d'évaluation existantes. Cela nous a conduit à l'évaluation des documents d'urbanisme réglementaires, notamment les PLU. Cette troisième partie se consacre à l'évaluation de certains critères spécifiques des règlements des Plans Locaux d'Urbanisme. Avant de passer à la description puis à l'application de notre méthode au cas toulousain, on peut formuler trois hypothèses sous-jacentes aux développements de cette méthode. Les deux premières ont déjà été largement questionnées dans les chapitres précédents, et les consensus observés à partir de la littérature ont déjà permis une première validation ; les résultats obtenus lors de l'application au cas du plan d'urbanisme de Toulouse permettront aussi de conforter ces premiers résultats.

La première hypothèse est triviale, elle concerne le fait que *les documents d'urbanisme, par leurs règles et leur zonage, ont des impacts sur les formes urbaines, l'organisation spatiale, les équipements et aménités urbaines, et l'environnement (dont l'environnement urbain).*

La deuxième complète la première, en précisant un mécanisme propre aux règles : *s'il existe des règles d'urbanisme, l'effet des règles n'est pas 100% déterministe.*

Des éléments de réponse à cette hypothèse ont déjà été présentés à la partie 1 (chapitre 2, paragraphe 2.2.2), et dans la partie 2, en abordant la notion de complexité des enjeux territoriaux et de planification spatiale et urbaine. La partie 3, par le biais des analyses spatiales proposées, montrera que la relation de causalité directe et complète entre les règles et l'évolution du bâti ou des tissus urbains n'est souvent pas vraie, car ce que l'on observe relève, évidemment, rarement du PLU à lui seul.

Enfin, la troisième hypothèse renvoie aux analyses présentées en partie 2 de la thèse, concernant les avantages et limites des méthodes d'évaluation des PLU ainsi que les arguments en faveur du développement de méthodes nouvelles et complémentaires aux premières. Cette hypothèse est la suivante :

En choisissant les variables et les méthodes d'analyse spatiale adéquates, on peut analyser un certain nombre d'effets règlementaires et donc évaluer l'effet des règlements sur les formes bâties, l'organisation des parcelles et les aménités, dans un cadre d'aide à la décision.

Les résultats de l'application au cas du PLU de Toulouse permettront de conclure sur les avantages et les perspectives d'application des outils développés dans le cadre de cette thèse, mais aussi leurs limites.

Ces hypothèses étant posées, la démarche globale peut maintenant être exposée. Le premier paragraphe expliquera dans un premier temps le champ d'application, en termes de mécanismes règlementaires qui va être analysé dans le cadre de l'évaluation proposée.

2. Présentation de la démarche globale et des outils : du corpus d'indicateurs à l'agrégation

2.1 L'importance d'évaluer l'urbanisme réglementaire dans le cadre de l'urbanisme « diffus »

La production de la ville se fait de deux façons. La première est l'urbanisme de projet (opérationnel), notamment par le biais des ZAC (Zones d'aménagement concerté, d'initiatives publiques)⁵¹, la seconde est l'urbanisme que l'on peut qualifier « de tous les jours », « individuel » (Gérard, 2007 p.94) ou « diffus », qui passe par la délivrance des permis de construire au coup par coup, notamment aux propriétaires privés.

Ainsi, dans le cadre de l'urbanisme opérationnel, le projet peut être public (cas des ZAC) et la collectivité joue un rôle important dans la conception de ces opérations car elle en est le pilote. De ce fait, lors du dialogue entre maîtres d'ouvrage et promoteurs à propos de la qualité des opérations, la ZAC permet d'imposer ses exigences en matière d'aménagement durable au travers de cahiers des charges. Du point de vue des règles d'urbanisme, on observe que pour garantir la faisabilité du projet de ZAC, le Plan Local d'Urbanisme est parfois modifié (procédure de modification ou révision allégée (anciennement simplifiée)) afin que le règlement intègre les caractéristiques de la future ZAC.

La méthode d'évaluation proposée dans cette thèse prend en compte l'autre manière de produire des formes construites, c'est-à-dire l'urbanisme de tous les jours, qui correspond en majeure partie à des projets de construction privés qui ont pour contrainte le règlement écrit et littéral du PLU.

Cela constitue un des intérêts majeurs de cette recherche. En effet, l'urbanisme réglementaire dans sa pratique « individuelle » est assez peu mis en valeur, alors que les projets (les ZAC) font quant à eux systématiquement l'objet de communication publique et de publicité (d'ailleurs les « Ecoquartiers », très médiatisés, sont souvent des projets de ZAC). De plus ces ZAC bénéficient du pilotage public et donc d'une certaine possibilité de faire respecter certaines exigences, alors que les projets réalisés dans le cadre « individuel » sont quant à eux contrôlés et contraints presque uniquement par le PLU⁵². Il existe bien les OAP « aménagement » (non obligatoires) qui permettent aussi aujourd'hui de « cadrer » des projets d'urbanisme privés par le biais « d'orientations d'aménagement » définies sur certains secteurs. Ces OAP viennent compléter les prescriptions données par le règlement des zones, dans un rapport de compatibilité avec les permis de construire. Ces

⁵¹ Les lotissements entrent aussi dans le cadre de l'urbanisme opérationnel. En principe les règles édictées par le PLU s'apprécient au regard de l'ensemble du projet de lotissement ou permis groupé, mais l'article R124-10-1 prévoit que le plu peut que le PLU peut s'y opposer. Dans ce cas, les règles édictées par le PLU doivent s'apprécier lot par lot

⁵² Une certaine négociation peut tout de même exister dans la mesure où les instructeurs des permis de construire, les architectes conseils peuvent jouer ce rôle, dans le cadre d'avant-projets.

OAP ayant été introduites à Toulouse seulement pour la révision du PLU, nous n'avons pas pu analyser l'effet des OAP aménagement combiné à celui du règlement littéral.

Cette recherche a donc pour but de s'intéresser à l'urbanisme de tous les jours, moins contrôlé par l'institution publique. L'analyse des formes bâties construites dans le tissu « diffus » concerne les critères relatifs à la constructibilité et aux espaces libres. L'analyse des aménités de chaque zone concernera, quant à elle, l'ensemble du territoire.

Les objectifs de cette recherche dans un cadre d'évaluation et de connaissance de l'effet des règles d'urbanisme ont été présentés, ainsi que les hypothèses et le cadre d'application (l'urbanisme diffus). Le paragraphe suivant dresse un portrait global de la démarche.

2.2 Présentation générale de la démarche

2.2.1. Historique du projet et préalables

La troisième partie de cette thèse propose des outils et méthodes pour analyser l'état et les évolutions des tissus urbains (dans le « diffus ») au regard des objectifs traditionnels du règlement du PLU et de son zonage. Il s'agit avant tout d'une démarche d'évaluation ex-post du plan, mais une partie d'application de la thèse montrera que ces outils peuvent être utilisés à des fins ex-ante, c'est-à-dire pour valider des choix de modification de règles, avant l'entrée en vigueur du plan.

L'ensemble des critères et indicateurs mis en place dans le cadre de cette thèse sont transposables à toute ville centre d'une aire urbaine comparable à celle de Toulouse, en termes d'enjeux (notamment pour la question du critère « d'aménités des zones », plus spécifiquement réseau de TC, espaces verts publics,...). Toutefois, elle est adaptable aux aires urbaines moyennes » ou « villes moyennes », définies comme les aires urbaines dont les villes centre ont une population comprise entre 20.000 et 100.000 habitants, au sens de l'INSEE (Flochez *et al.* 2011). On rappelle que la méthode n'a pas vocation à remplacer les indicateurs de l'évaluation environnementale issue de la législation, mais apporte des éléments complémentaires.

Le cas d'application est la ville de Toulouse. Le projet de thèse a été initié en 2009 par La Mairie de Toulouse⁵³, alors compétente en matière d'élaboration et de révision du PLU, qui cherchait des pistes méthodologiques pour une future évaluation du PLU à venir, et plus spécifiquement un dispositif de suivi du plan (Prévost *et al.*, 2009). Les documents d'urbanisme analysés dans cette thèse datent du début du projet. Il s'agit du PLU alors en

⁵³ Le projet a été initié par la Mairie de Toulouse initialement responsable du PLU, ensuite la Communauté Urbaine du Grand Toulouse (CUGT) est devenue compétente en terme d'élaboration du PLU suite à sa création 2010. La CUGT a ensuite été dénommée Toulouse Métropole.

vigueur en 2009 (PLU approuvé en février 2006⁵⁴, en vigueur jusqu'en juin 2013), et du dernier POS (modification datant de 2004). Les analyses concernant les formes bâties se basent sur les constructions autorisées jusqu'en 2009 (correspondant aux dernières plages de données permis de construire disponibles au moment du lancement de l'étude).

Les principes énoncés au début de cette thèse, discutés avec les responsables de la cellule en charge du PLU de Toulouse de la ville de Toulouse étaient alors les suivants :

- Réaliser des indicateurs simples et reproductibles pour les rédacteurs des PLU
- Analyser grâce à ces indicateurs un certain nombre d'évolutions urbaines et faire le lien avec le règlement, et déduire l'effet du PLU et l'écart entre la production bâtie et le règlement.
- « Évaluer » de manière globale l'effet du PLU sur la base des indicateurs (sur les zones choisies).

Plus tard, au moment de la prescription de la révision du PLU en mars 2011, la Communauté Urbaine du Grand Toulouse (désormais Toulouse Métropole) compétente en matière d'élaboration de PLU a fait appel à un bureau d'étude pour la rédaction de l'ensemble des pièces relatives à l'évaluation environnementale du PLU (Toulouse y étant soumise car étant directement concernée par des sites Natura 2000). On rappelle que les pièces constitutives de l'évaluation environnementale sont : l'état initial de l'environnement, l'analyse des incidences du projet de PLU, l'étude d'incidence Natura 2000, les mesures compensatoires et les indicateurs. Certains des indicateurs réalisés dans cette thèse ont été repris dans le cadre de la rédaction du document sur les indicateurs de l'évaluation environnementale. Les autres indicateurs (notamment morphologiques, qui on l'a vu pourraient intervenir dans une évaluation ex-post complémentaire au dispositif de suivi de l'évaluation environnementale) ont été présentés aux agents responsables de la rédaction du règlement afin de leur donner des éléments d'analyse ex-post des effets du règlement précédent. Enfin une application d'évaluation ex-ante portant sur des modifications réglementaires particulières a été proposée (voir l'application au chapitre 2, paragraphe 3.2.2).

⁵⁴ Plus précisément, le plan de zonage utilisé pour la création des indicateurs date de la version 3^{ème} modification du PLU datant de décembre 2007, approuvé initialement en février 2006. On montrera plus loin dans la thèse (au chapitre 2, paragraphe 1.2) que les modifications du zonage entre février 2006 et décembre 2007, puis, sur toute la période du PLU jusqu'à 2009 sont anecdotiques et sans réelle influence sur les indicateurs.

2.2.2. La démarche globale

Les développements et propositions méthodologiques de la thèse portent sur deux échelles différentes : la première est celle de la zone et de ses différentes sous-unités géographiques (les « unités de zonage »), la deuxième concerne le bâti. A l'échelle de la zone, l'évaluation se fait en deux étapes : génération d'un corpus d'indicateurs (pour chacune des zones du PLU), puis l'agrégation des résultats obtenus à des fins de synthèse et d'évaluation globale, dans une optique d'évaluation ex-post (voir la figure 5).

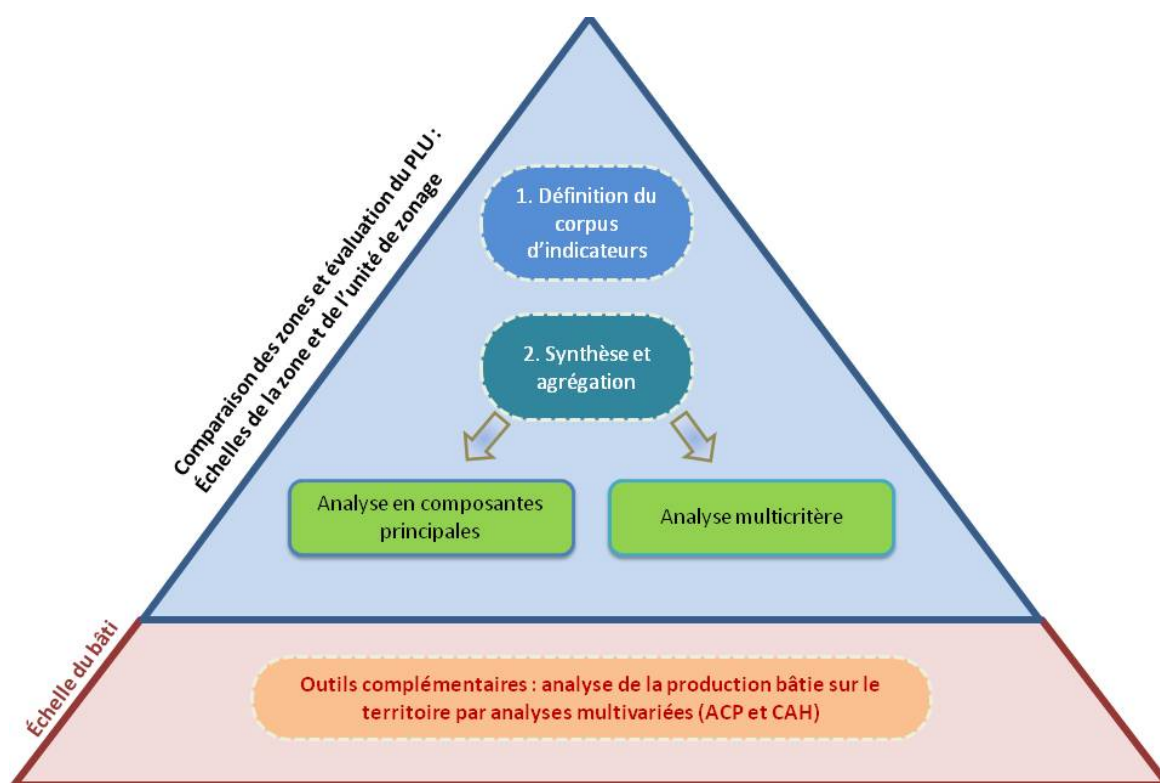


Figure 5. Échelles, méthode et outils pour la thèse

Ainsi, à l'échelle de la zone, sont d'abord élaborés des indicateurs correspondant aux trois enjeux réglementaires traditionnels des PLU suivants (que nous avons justifié au chapitre 3, de la partie 2) : constructibilité (densité bâtie), relation emprise bâtie/emprise libre, et degré d'équipement (en termes d'aménités) des zones. Pour le degré d'aménité des zones, deux échelles sont analysées : la zone dans son ensemble et aussi les sous-unités géographiques correspondantes à chaque zone (unités).

Les indicateurs présentés plus loin dans ce chapitre sont donc issus directement de ces 3 grands enjeux réglementaires, mais également des enjeux d'urbanisme propres à Toulouse

et de leur intérêt au regard de la littérature. On rappelle que d'autres enjeux et indicateurs auraient pu être choisis et réalisés, mais cette étude était contrainte par le nombre de données disponibles et l'ampleur des analyses à réaliser. Cependant, le corpus d'indicateurs réalisé, bien que non exhaustif, renseigne assez bien sur l'effet du PLU, car les critères choisis traitent d'enjeux d'urbanisme et de dispositifs réglementaires bien différents, et le nombre d'indicateurs pour chaque enjeu est suffisamment conséquent.

L'analyse des caractéristiques formelles du bâti de chaque zone se fait à partir des données « permis de construire », car elles ont l'avantage d'être datées, ce qui permet de se référer au document d'urbanisme en vigueur au moment de la signature des permis. Le fichier des permis de construire disponibles ne comprenait que les permis à destination d'habitat. Ainsi, les analyses sur le bâti ne concernent que les constructions à destination d'habitation, et les zones analysées sont les zones d'accueil de l'habitat. L'analyse du « degré d'aménité » des zones se fait à partir des données géoréférencées correspondant à ces équipements (aménités) analysés. L'ensemble des indicateurs sont réalisés grâce à un outil SIG (logiciel Mapinfo⁵⁵), et à un tableur (Excel⁵⁶). Le corpus est présenté au paragraphe 2.3.5.

Une fois les indicateurs produits pour chacune des zones, l'objectif est ensuite de pouvoir les agréger, pour comparer les zones entre elles, analyser leurs caractéristiques puis les évaluer. Ainsi, on peut mettre en relation ces résultats avec les effets des règles des PLU sur ces caractéristiques urbaines.

Pour cela, deux méthodes sont utilisées. La première met en œuvre une méthode statistique relevant des analyses factorielles, l'analyse en composantes principales. Elle permet de comparer rapidement les zones entre elles car elle a l'avantage de résumer un grand nombre d'informations en un nombre limité d'axes.

La seconde méthode d'agrégation, mettant en œuvre une méthode d'analyse multicritère permet cette fois-ci une évaluation des zones, qui va au-delà de la description, car elle est basée sur les indicateurs mais aussi sur les préférences et poids donnés par les planificateurs et décideurs. La méthode choisie est la méthode Electre Tri⁵⁷ (Yu, 1992a). Les méthodes d'agrégation seront détaillées au paragraphe 2.4 de ce chapitre.

Enfin, étant donné que le développement de ces recherches a coïncidé avec les études pour la révision du PLU, cette démarche a été appliquée à des fins de validation de choix d'évolution de zonage et de règles de constructibilité futures. La thèse montrera donc que ces méthodes peuvent aussi intervenir dans un cadre d'évaluation ex-ante.

⁵⁵ Mapinfo Professional Version 8.5 © 1985 - 2006 MapInfo Corporation.

⁵⁶ Microsoft® Office Excel® 2007

⁵⁷ ELECTRE TRI version 2.0a Copyright © 1995-1998 Lamsade. Université Paris-Dauphine. Programmed by Institute of Computing Science of Poznan, Poland

La deuxième échelle traitée dans le cadre de la thèse est celle du bâti. L'analyse du bâti de chacune des zones (toujours à partir des permis de construire) permet de compléter les résultats calculés globalement à l'échelle des zones. En effet, les indicateurs calculés à l'échelle des zones ont fait l'objet de calculs de types « moyennes » (à partir des permis de construire). Si ce type de calcul permet de résumer et de synthétiser de l'information, il entraîne aussi une perte d'information.

Ainsi, l'analyse des caractéristiques des permis de construire pris individuellement met en œuvre des méthodes d'analyse statistique qui ont pour objectif de compléter les analyses réalisées à l'échelle de la zone, en apportant des résultats plus détaillés. On utilisera pour ce faire des méthodes d'analyse multivariées telles que l'analyse en composante principale couplée à la classification ascendante hiérarchique (CAH) (Dumolard, 2011). La CAH permet de définir dans un premier temps des typologies de bâti à partir des caractéristiques de chacun des permis de construire. Ensuite, à partir de ces typologies, on peut analyser quelles sont celles que l'on retrouve dans chacune des zones, ce qui peut permettre de voir l'effet des règles d'urbanisme correspondantes à ces zones. On utilise l'application XLSTAT⁵⁸ qui est une extension d'EXCEL pour les statistiques.

Au final, les propositions contenues dans cette thèse ont pour objectif d'aider les rédacteurs des PLU à évaluer le plan, mais aussi de fournir des éléments de réponse quant à la relation entre PLU, ses objectifs règlementaires, et certains enjeux de « durabilité urbaine » ciblés. Elles devraient faciliter l'aide à la décision quant aux éventuelles améliorations à prévoir pour les modifications ultérieures des plans.

La description des enjeux territoriaux et de planification urbaine propres à Toulouse, puis la définition des enjeux d'urbanisme analysés (qui sont en fait des critères) et des indicateurs correspondants sont l'objet de ce présent chapitre. On terminera par la description des méthodes d'agrégation.

⁵⁸ XLSTAT Version 2013.1.01 Copyright Addinsoft 1995-2013

2.2.3 Des enjeux pour la planification urbaine de la ville centre de l'aire urbaine toulousaine

Toulouse, située au Sud-Ouest de la France, est la 4^{ème} ville de France en termes de population (439.553 habitants en 2008), derrière Paris, Marseille et Lyon, mais la 2^{ème} en terme de surface (11.800 hectares contre 24.060 pour Marseille et 10.540 pour Paris). Elle est la ville centre d'une vaste aire urbaine⁵⁹ (5^{ème} de France en terme de population avec 1.119.472 habitants) (CUGT, Mairie de Toulouse, CUGT, 2011).

L'aire urbaine de Toulouse est caractérisée par une périurbanisation très forte, étendue dans un rayon de plus de 50 kilomètres autour de Toulouse. Ce phénomène de périurbanisation a été identifié en 1968 grâce aux recensements de l'INSEE (Rouge, 2005). A partir de cette date, s'il a été observé une relative stabilité démographique de la ville de Toulouse entre 1962 et 1999, pour autant, « le nombre de résidents hors de la ville et dans les limites de l'aire urbaine de 1999 a plus que quintuplé » (Rouge, 2005 p.110).

Des études plus récentes (entre 2004 et 2007) ont montré que l'attractivité de l'aire urbaine de Toulouse est très forte, ce qui contribue à poursuivre l'étalement urbain (AUAT, 2008a). L'accélération de la croissance démographique s'explique par une attractivité du territoire et une natalité forte. Le succès de l'aire urbaine de Toulouse tient en partie à son statut de ville du « Sud », au dynamisme de son marché du travail et de la formation. Entre 2004 et 2007, a été enregistrée une croissance de : +7200 hab/an sur la ville centre, +4900 hab/an en banlieue et enfin +6100 hab/an dans le périurbain (AUAT, 2008a). Au final, la croissance a doublé sur la ville centre et la couronne périurbaine tandis que le rythme d'évolution a baissé en banlieue. On observe même qu'un nouvel habitant sur trois s'installe dans le périurbain (AUAT, 2008a). En définitive, entre 1990 et 2007, la surface urbanisée a augmenté de 31% sur le pôle urbain (AUAT, 2009) et cette tendance risque de se confirmer dans les années à

⁵⁹Au sens de l'INSEE : « Une aire urbaine ou « grande aire urbaine » est un ensemble de communes, d'un seul tenant et sans enclave, constitué par un pôle urbain (unité urbaine) de plus de 10.000 emplois, et par des communes rurales ou unités urbaines (couronne périurbaine) dont au moins 40 % de la population résidente ayant un emploi travaille dans le pôle ou dans des communes attirées par celui-ci. »

« Le pôle urbain est une unité urbaine offrant au moins 10.000 emplois et qui n'est pas située dans la couronne d'un autre pôle urbain. On distingue également des moyens pôles- unités urbaines de 5000 à 10.000 emplois et les petits pôles - unités urbaines de 1500 à moins de 5000 emplois. »

« La notion d'unité urbaine repose sur la continuité du bâti et le nombre d'habitants. On appelle unité urbaine une commune ou un ensemble de communes présentant une zone de bâti continu (pas de coupure de plus de 200 mètres entre deux constructions) qui compte au moins 2000 habitants.

Une aire urbaine ou « grande aire urbaine » est un ensemble de communes, d'un seul tenant et sans enclave, constitué par un pôle urbain (unité urbaine) de plus de 10.000 emplois, et par des communes rurales ou unités urbaines (couronne périurbaine) dont au moins 40 % de la population résidente ayant un emploi travaille dans le pôle ou dans des communes attirées par celui-ci. » - www.insee.fr

venir puisque les POS et PLU de l'aire urbaine intègrent une part importante de zone « à urbaniser (AU) » destinées à l'habitat et à l'activité (AUAT, 2009).

Pour revenir à la ville centre, cette attractivité s'exprime dans les objectifs portés par le Programme Local de l'Habitat de la Communauté Urbaine du Grand Toulouse : En effet, le PLH prévoit de créer pour le secteur de Toulouse centre entre 2010-2015 : 18.000 logements, ce qui représente un rythme de 3000 logements par an et avec une proportion de logement social (PLUS, PLAi, PLS) de 1350 logements à livrer/an, car le PLH prévoit de passer de 18 à 20 % de locatif social d'ici 2013 (CUGT, 2012).

L'enjeu d'accepter des logements nouveaux dans Toulouse est donc important. Bien sûr, une partie de ces nouveaux logements peut être produite dans le cadre de l'urbanisme opérationnel (ZAC), qui n'est pas subordonné aux mêmes mécanismes réglementaires que l'urbanisme « individuel » ou « diffus » (voir le paragraphe 2.1 de ce chapitre). Toutefois, l'urbanisme « diffus » n'est cependant pas à négliger. En effet, à Toulouse, en 2010, 65% de la production de logements a eu lieu dans le tissu diffus (soit 4032 logements réalisés, les autres logements étant réalisés dans le cadre des ZAC ou PAE) (CUGT, 2011). Pour l'avenir, une part de ces futurs logements à créer peut encore bénéficier d'un potentiel dans le tissu urbain « diffus » de Toulouse, comme le montre le programme d'actions territorialisé du PLH 2010-2015 du Grand Toulouse (CUGT, 2012). On peut penser que cela pourra se faire sur les « dents creuses », ou encore par le biais d'une densification du bâti dans le tissu diffus constitué. Plus précisément, le contexte peut être celui du renouvellement urbain « au coup par coup » c'est-à-dire par le biais des démolitions-reconstructions, même si le rythme de celui-ci est faible (de l'ordre de 1% par an). Un autre levier mobilisable concerne la densification du bâti existant, que ce soit par l'augmentation des surfaces de planchers, ou si possible, un redécoupage parcellaire. Enfin, des changements de zonages peuvent aussi donner à certains secteurs plus de constructibilité.

On peut mettre en relation l'enjeu d'accueil de nouveaux logements avec la typologie du bâti, car les deux enjeux sont évidemment liés. Ainsi, le diagnostic du PLU de Toulouse de 2006 affirme que le taux de maisons individuelles de Toulouse est dans la moyenne des autres grandes villes françaises (Diagnostic du PLU de Toulouse de 2006, p.91), la part de logement individuel dans la production totale de logement sur les 10 dernières années (1996-2006) étant de 13%.

De plus, le diagnostic affirme que le taux a baissé de 3% entre les deux derniers recensements, allant jusqu'à dire que « la part de la maison individuelle ne cesse donc de baisser au profit bien évidemment des programmes de petits collectifs » (Diagnostic du PLU de 2006).

Cependant, nous avons remarqué que les zones d'habitats individuels n'ont diminué en surface que de 4% de 2006 à 2010, ce qui montre qu'elles sont encore bien présentes. La superficie couverte par les zones d'habitats individuels (c'est-à-dire où la hauteur ne permet que du R+1 maximum, soit les zones UC1 et UC2 du PLU) était de 1940 hectares en février 2006, et 1860 hectares en décembre 2010, pour une surface communale de 11.800 hectares⁶⁰.

Néanmoins, dans le cadre de la révision du PLU, prescrite en mars 2011, le choix a été fait de passer certaines de ces zones dans un zonage (indiqué UL) permettant du bâti en R+2, localisé en zone d'influence des transports en commun, dans le tissu urbain diffus et suffisamment équipé, ainsi que dans les OAP⁶¹. Pour l'évaluation ex-post du PLU alors en vigueur jusqu'à mi-2013 et réalisée dans cette thèse, on analysera uniquement dans le cadre de cette étude les permis déposés sur les « anciennes » zones. On ne peut en effet pas analyser de manière ex-post les dynamiques propres à ces nouvelles zones où du bâti en R+2 est permis, faute de données pour l'instant. En revanche, la pertinence des changements de densité pour ces nouvelles zones en R+2 est analysée dans le cadre de l'évaluation ex-ante développée dans la thèse.

Pour ce qui est de l'habitat collectif à Toulouse, la constructibilité offerte dans le diffus est limitée par la règle de hauteur. En effet, la hauteur maximale autorisée est de 21 m dans l'hypercentre (secteur sauvegardé), le centre (zone UA2) permet du R+5, les faubourgs (zone UA3) du R+4 et enfin, les autres zones qui permettent la construction d'habitat collectif (UB1 et UB2) permettent respectivement du R+3 (12,5 m) et R+4 (15,5 m). Les immeubles collectifs de Toulouse autorisés sur la période du dernier PLU présentent donc des hauteurs très modérées.

La révision du PLU de Toulouse maintient globalement les règles appliquées auparavant sur les différentes zones du PLU. De manière générale, les règles de hauteurs restent quasiment inchangées. Néanmoins, des hauteurs supérieures peuvent être admises aux documents graphiques du règlement du PLU, mais cet « outil » existait déjà sur les PLU précédents⁶². Les OAP (orientations d'aménagement et de programmation), qui sont introduites à la révision du PLU prévoient également des hauteurs supérieures pour permettre la réalisation

⁶⁰ Les surfaces ont été calculées, dans le cadre de la thèse grâce au logiciel SIG à partir des plans de zonage du PLU.

⁶¹ Cet enjeu, aussi appelé « cohérence urbanisme-transport », est présenté plus largement au paragraphe 2.3.2.3.

⁶² Les « documents graphiques du règlement » du PLU de Toulouse fixent des règles différentes des règles spécifiques aux zones du PLU, à l'échelle de l'îlot ou du bâti ou encore des secteurs plus vastes (tel que le GPV). Elles s'appliquent souvent à l'échelle de l'îlot voire du bâti, dans le cadre de la préservation de l'identité de quartiers ou plus rarement, pour des projets à venir sur des secteurs plus vastes tel que le Grand Projet de Ville. Certaines des dispositions de ces documents graphiques fixent aussi, par exemple, des règles de hauteur dérogeant permettant plus de constructibilité le long des grands axes et à proximité des transports en commun.

de projets d'aménagement. Enfin, certaines parties des zones UB1 et UB2 (en R+3 et R+4), ont vu leur constructibilité diminuer. Elles correspondent à des secteurs mal équipés et hors de la zone d'influence des transports en commun, qui ont été passés dans le zonage UL en R+2.

Enfin, une analyse de la répartition des générateurs de flux de transport tels que les pôles d'emploi permet d'explicitier les enjeux d'urbanisme principaux en lien avec les transports (et on verra plus bas que nos critères y sont liés), à l'échelle de l'aire urbaine ainsi que de la ville centre. Les analyses de la répartition de l'emploi sur l'agglomération montrent « qu'en 1990, les espaces centraux et péricentraux (faubourgs) de la commune de Toulouse concentraient environ 120.000 emplois (le tiers des emplois de l'aire urbaine) » (Jourdan, 2007 p.6), et en 2008, le premier pôle d'emploi de l'agglomération reste le centre de la ville de Toulouse, entre le Canal et la Garonne avec 44.000 salariés (AUAT, 2008b). Néanmoins, « l'attractivité du centre-ville élargi de Toulouse est cependant concurrencée ou complétée par l'émergence des pôles nouveaux. » (Jourdan, 2007 p.6)

D'après Jourdan, ces « pôles nouveaux », correspondent à de grands campus universitaires, à des parcs d'activités liés à l'aéronautique, ou encore à des zones commerciales et tertiaires. Ces pôles sont très attractifs et localisés en articulation avec les grandes infrastructures autoroutières. Au niveau du cœur de l'agglomération, ces centralités fortes provoquent des flux radiaux importants vers le centre de Toulouse et les grands pôles, ainsi qu'une circulation orbitale le long de la rocade. Les habitants du périurbain (seconde couronne et au-delà), de plus en plus nombreux se déplacent surtout vers le pôle nouveau le plus proche, et dans une moindre mesure vers le centre de Toulouse. Cela étant, on observe aussi une augmentation des déplacements entre communes périurbaines ou à l'intérieur de ces communes au fur et à mesure que leur urbanité et leur population augmentent.

Le réseau de transport en commun semble performant mais uniquement pour une fraction de l'aire urbaine et une part seulement des déplacements quotidiens. « Du fait de sa spécialisation vers les déplacements ayant comme origine ou destination le centre-ville de Toulouse et la zone d'influence du métro, le réseau de transports collectifs toulousain n'offre pas une alternative crédible à 75% des déplacements mécanisés enregistrés quotidiennement dans l'agglomération » (Jourdan, 2007 p.13). De plus, les pôles nouveaux sont très bien desservis par le réseau autoroutier, et moins par celui des transports en commun...

Afin de remédier à ces problèmes, G. Jourdan propose, entre autre, la mise en place d'un réseau de transport en commun rapide à l'échelle de l'aire urbaine desservant à la fois le périurbain et les centralités. Il insiste sur la nécessité d'une desserte multimodale des pôles nouveaux actuels et d'une anticipation des liaisons des futurs pôles d'activité au maillage du réseau de transports collectifs, par un choix stratégique quant à leur implantation. L'auteur

préconise également une intensification des pôles nouveaux qui selon lui ont une densité bâtie trop faible, engendrée par une proportion de parking trop élevée.

Enfin, il suggère une intensification urbaine du cœur de l'agglomération dans un objectif d'augmentation du taux d'usage des transports en commun et de limitation potentielle des déplacements motorisés⁶³.

Au regard des différents enjeux propres à Toulouse, on s'aperçoit qu'il est possible d'envisager des actions complémentaires à l'échelle de la ville centre et à celle de l'aire urbaine. A l'échelle de la ville centre, G. Jourdan propose d'intensifier les tissus urbanisés, ce qui est cohérent aussi avec l'objectif d'accueil de nouveaux logements énoncé par le PLH. On rappelle qu'une des hypothèses concernant l'intensification de la ville centre est qu'elle peut en outre participer à la qualité urbaine et à la qualité de vie, ce qui peut permettre aussi de maintenir l'attractivité du centre pour limiter la tentation périurbaine⁶⁴ (Wiel, 2006).

Or il faut être prudent quant à la mise en œuvre de cet enjeu car Castel énonce une hypothèse contraire : augmenter l'attractivité du centre peut aussi avoir pour effet d'accroître la demande périurbaine (Castel, 2010) et en augmenter les flux automobiles. Il semble en effet difficile de lutter contre l'offre importante de foncier disponible en périphérie des villes, et cela est d'ailleurs montré par l'inefficacité du « containment » urbain⁶⁵ (Castel, 2010). Il faut alors considérer que l'on ne peut pas agir sur la ville centre en l'intensifiant (comme le préconisent Wiel et Jourdan), sans prendre en parallèle des mesures dans les villes périphériques et les tissus périurbains. Face à ces différents constats, on peut admettre que densifier les villes centres est nécessaire mais pas suffisant, il faut aussi envisager des actions dans les tissus périurbains, comme les relier aux transports en commun, en veillant aussi à garantir la rentabilité du système de transport⁶⁶. Il faut aussi essayer d'inclure dans les tissus périurbains des formes bâties plus raisonnables et alternatives, (Rérat, 2008b). Enfin, si le « containment urbain » semble inefficace, le contrôle de l'étalement urbain doit être fortement lié à une réflexion et une planification globale à l'échelle des intercommunalités, ou, dans l'idéal, à l'échelle de l'espace le plus vulnérable quant à l'étalement urbain. Nous avons vu en partie 1 que les PLU intercommunaux seraient d'ailleurs plus efficaces pour traiter cette question (Dubois-Maury, 2010). Cependant, si effectivement cela semble être une avancée, il faudra voir si les emprises spatiales de ces PLU intercommunaux (de même que les SCOT) seront réellement suffisantes.

⁶³ On retrouve d'ailleurs ces orientations dans le SCOT approuvé en mars 2012 et dans le PDU approuvé en septembre 2013.

⁶⁴ Même si pour l'auteur, si l'on peut prévoir une demande persistante du périurbain, il faut aussi penser en parallèle à (re)créer un « autre périurbain » (Wiel, 2006 p.4).

⁶⁵ « La limitation de l'offre foncière d'une commune ou d'un groupe de communes contribue à étendre l'étalement urbain plus loin » (Castel, 2010).

⁶⁶ A. Bertaud situe le seuil de pertinence pour les transports en commun autour de 30 habitants/ha. (Bertaud, cité dans (Morlet, 2001)).

Pour résumer et revenir à l'échelle de la ville centre, qui est notre objet d'étude, nous avons identifié au travers de cette analyse des enjeux toulousains un levier principal sur lequel agir pour la ville centre : à savoir l'intensité des espaces, et qui dépasse la seule notion de densité urbaine. L'intensité urbaine, comme l'entendent Da Cunha et Kaiser (Da Cunha et Kaiser 2009a; Da Cunha et Kaiser 2009b) peut être vue comme la somme de la densité, de la centralité et de la qualité urbaine, qui inclut des valeurs plus subjectives telles que la diversité des ambiances, les confort visuels et acoustiques, la qualité des usages des espaces publics, la qualité paysagère, etc. La centralité implique une densité forte et surtout, un grand nombre et une grande diversité de fonctions urbaines. La somme de la dimension fonctionnelle et symbolique de la centralité crée « l'urbanité du lieu ». L'urbanité, « est une construction collective qui permet à des groupes sociaux de pratiquer la convivialité lors de l'usage des différents espaces communs » (Prudente, 2007, citant Bernie-Boissard, 2003, p.4).

Finalement, « l'intensification agit non seulement sur le volume du bâti ou les surfaces de plancher, mais aussi sur la « structure d'opportunité », c'est-à-dire sur l'offre globale d'aménités urbaines et environnementales dans un rayon donné » (Da Cunha et Kaiser 2009b p.25). Si V. Fouchier affirme que l'on peut intensifier sans nécessairement densifier, il donne aussi une définition différente de l'intensité (« intensifier c'est utiliser mieux et davantage les espaces urbains existants », en termes de destination, d'activités, de monde, d'occasion de croisements. « C'est donc accueillir plus de choses dans une enveloppe donnée du bâti » (Fouchier, 2010 p.35). Néanmoins, il affirme que la densité, la compacité (définie comme « la concentration du développement au cœur de l'agglomération, là où la desserte en transport en commun est bonne et où il y a déjà de la densité ») et l'intensité sont des notions complémentaires, qu'il faut combiner à l'échelle métropolitaine (Fouchier, 2010 p.36).

Cette notion d'intensité au sens de Da Cunha et Kaiser semble répondre à l'objectif d'accueil de nouveaux logements sur Toulouse porté par le PLH, à celui d'optimisation de la relation entre densité et utilisation des transports en communs que nous avons vu plus haut (il s'agit d'une aménité). Elle permet enfin, de prendre en compte d'autres critères liés aux fonctions urbaines qui génèrent les « centralités », et donc participent à l'intensité.

Cette définition de l'intensité urbaine correspond aux critères d'évaluation du Plan Local d'Urbanisme développés dans cette thèse, même si ceux-ci ne répondent pas exhaustivement à la définition. En effet, on verra dans les paragraphes suivants qu'ils englobent la densité bâtie (ce n'est évidemment pas la seule définition de la densité mais une d'entre elles), et son pendant, les espaces libres. Ils prennent en compte la centralité car ils concernent un certain nombre d'aménités. Dans une moindre mesure, ils traitent de la

« qualité urbaine », car on peut penser que l'enjeu relatif à la proportion d'espace libres et celui correspondant aux aménités des zones participent à l'ambiance, la qualité paysagère, la qualité d'usage des espaces publics.

De plus, on a vu aussi (au chapitre 3 de la partie 2) que les 3 enjeux traditionnels des PLU étudiés dans cette thèse sont liés aux enjeux énoncés à l'article L121-1 du code de l'urbanisme, qui fixe les objectifs des SCOT et des PLU. La définition de l'intensité urbaine au sens de Da Cunha et Kaiser fait également écho à certains enjeux énoncés au L121-1 : en effet, l'article aborde la notion de « revitalisation des centres », de « qualité urbaine », « de diversité des fonctions », etc. Le concept est donc lié aux problématiques de l'urbanisme réglementaire.

2.3 Définition des enjeux (ou critères) et des indicateurs

2.3.1 Rappel des enjeux d'urbanisme réglementaires traditionnels retenus dans le cadre de cette évaluation

On rappelle que les enjeux d'urbanisme réglementaires retenus pour l'évaluation des enjeux traditionnels des PLU sont les suivants :

- constructibilité
- relation surface bâtie/surface libre
- aménités des zones

Les paragraphes suivants vont détailler ces « enjeux », qui sont en réalité des « critères » retenus pour l'analyse des PLU.

Ces définitions, une fois réalisées vont nous permettre au paragraphe 2.3.5 de présenter le corpus d'indicateurs retenus.

2.3.2 Premier enjeu pour la ville centre : La densité, vecteur d'intensité urbaine

2.3.2.1 Les différents types de densité

La densité peut être définie par le rapport entre une quantité (d'habitants, d'emplois, d'entreprises, de surfaces de plancher, etc...) et une surface. Elle peut être calculée de multiples façons (Fouchier, 1997; Wiel, 2006; Salles(Dir), 2007; Da Cunha 2009b). Certains des indicateurs de la thèse traitent de la « densité bâtie » car l'objectif est d'évaluer les règles formelles du PLU traditionnelles, et on a vu que certaines conditionnent la constructibilité de manière directe. Cependant, il existe différentes notions de densité pour

caractériser l'urbain. De ce fait, si nos indicateurs relevant de la densité bâtie sont réducteurs du point de vue de la description de l'urbain, ils permettent de rester proche d'une analyse du règlement du PLU.

Les notions de densité (faisant d'ailleurs souvent l'objet d'indicateurs) les plus couramment utilisées dans le cadre des études et analyses urbaines sont les suivantes (Sallez(Dir), 2007; Da Cunha 'Yh?UJgYf 2009b) :

- **la densité bâtie**, caractérisée par le Coefficient d'Occupation des Sols (COS) qui correspond au quotient de la surface bâtie (surface de plancher, SHON) sur la surface du terrain constructible. Cette densité bâtie peut être « brute » ou « nette », selon que l'on prenne en compte au dénominateur les emprises des voiries principales, équipements collectifs, espaces verts, infrastructures...,
- **la densité de logements ou résidentielle** qui correspond au nombre de logements sur une surface donnée (par exemple, un quartier),
- **la densité d'habitants**, rapport entre le nombre d'habitants et une surface.

On peut trouver d'autres notions relatives à la densité urbaine telle que **la densité vécue ou ressentie** (Wiel, 2006) qui renvoie à « l'appréciation subjective d'un confort » liée aux formes urbaines. Ainsi, par exemple, si les barres issues des ZUP ne sont pas forcément plus denses (en terme de densité bâtie calculée) que les immeubles haussmanniens, la densité ressentie peut être plus forte pour les premières.

La notion de densité bâtie donne une information sur l'intensité d'utilisation du sol. Ainsi, pour deux quartiers d'habitat présentant la même surface de foncier, le quartier au COS le plus élevé implique une surface de plancher supérieure, et donc, par déduction, très probablement un nombre de logements supérieurs. De plus, comme le souligne P. Merlin, « les quartiers d'habitat collectif ont le plus souvent une densité supérieure à celle des groupements de maisons individuelles » (Merlin, 2007 p.3), mais cela dépend également de l'emprise au sol du bâti, de la hauteur des constructions, etc.

En effet, la notion de COS ne donne pas d'information précise sur les formes construites. Un même COS peut donner des formes bâties différentes, car l'emprise au sol et la hauteur peuvent varier et donner des COS équivalents (voir la figure 6). De plus, le COS ne renseigne ni sur l'aération des espaces, ni sur la perception de la densité.

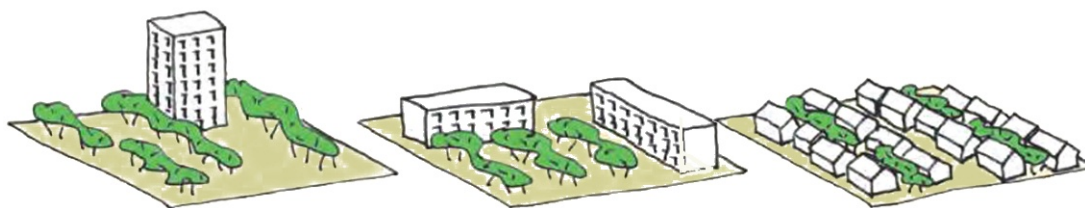


Figure 6. Une même densité bâtie, des typologies de bâti différentes.

D'après CERTU (2010). L'essentiel de la densité urbaine. *Promouvoir une ville durable*. 6 p., (fig p.3)

Les autres méthodes de calcul de la densité (résidentielle, d'habitants) sont elles aussi limitées quant à la description précise des caractéristiques urbaines. Fouchier a introduit la définition de la densité humaine nette (Fouchier, 1997) pour dépasser la simple question de la densité d'habitants, en introduisant dans son calcul le nombre d'emplois sur ce même espace. Mais une fois ce plus, si sa définition prend en compte deux notions différentes, elle n'est pas exhaustive.

La notion de compacité est différente de la densité car si la densité renseigne sur l'intensité d'usage du sol, la compacité, d'après Da Cunha et Kaiser, renseigne sur la forme du bâti : « la compacité est un modèle résidentiel caractérisé par un regroupement de plusieurs unités de logements dans un volume simple et dense en termes d'occupation ou d'usages (Da Cunha et Kaiser, 2009b) ». La compacité inclut donc la notion de densité bâtie, mais implique en plus une homogénéité des formes ou des usages des espaces urbanisés. Pour Fouchier (Fouchier, 2010), la compacité est une notion complémentaire à la densité. Il s'agit d'une concentration du développement urbain dans des lieux déjà denses.

On a vu quelques définitions de la densité urbaine, en précisant aussi que chacune de ces notions ne suffit pas à caractériser finement la morphologie d'un tissu urbain. Néanmoins, dans le cadre de cette thèse, l'analyse des densités bâties semble suffisante pour donner un certain nombre d'informations sur la constructibilité offerte par les règles du PLU, d'autant plus que d'autres critères permettent d'apporter des informations supplémentaires sur l'intensité des tissus urbains des zones du plan. Le paragraphe suivant va présenter les enjeux autour de la question de densité bâtie.

2.3.2.2 La problématique de la densité bâtie

La densification des espaces urbains, si elle est un objectif d'urbanisme, ne doit pas être réalisée de la même manière sur tous les tissus, car elle dépend des caractéristiques du bâti initiales, des aménités des zones, de l'acceptation sociale de la densité, et aussi du besoin de conserver des espaces de respiration dans l'urbain.

Au-delà de cette évidence, on observe que la densification des villes, décrite comme un vecteur de durabilité urbaine fait l'objet de débats. Cette partie présente les arguments en faveur de la densification des tissus urbains, puis montre les effets négatifs qui peuvent survenir.

Les arguments en faveur de la densification sont les suivants :

- La densification, (ou une densité suffisante) peut permettre une augmentation du taux d'usage des transports en commun et une limitation des déplacements motorisés (Jourdan, 2007). Cette densification peut aussi être réalisée en « fuseau » le long des axes de transport en commun, pour optimiser la relation entre usagers de la ville et usager des réseaux (voir le paragraphe 2.3.2.3, ou cet enjeu est développé),
- Elle peut favoriser une plus grande intensité des espaces, permettre de les rendre plus attractifs, et plus agréables par le biais d'une plus grande urbanité,
- Augmenter la densité de la ville et sa qualité permet de maintenir l'attractivité du centre ville pour limiter la tentation du périurbain, mais il faut aussi pouvoir contrôler sérieusement le développement et la qualité des espaces péri-urbains (voir le paragraphe 2.2.3),
- Une densité suffisante des villes (centre et périurbain) va dans le sens d'une économie de foncier, et d'une économie sur le réseau d'infrastructure.
- Du point de vue de l'énergie, Maizia (Maizia, 2010) rappelle que les tissus denses, très contraints en termes d'implantation et mitoyens, c'est-à-dire « compacts » au sens énergétique⁶⁷ sont plus économes (pour ce qui concerne les déperditions) que les tissus lâches, à niveau d'isolation et date de construction équivalentes. De plus, un tissu dense est plus économe qu'un tissu moins dense en termes de consommations pour le chauffage ou la climatisation. Il est aussi certain que le gisement d'économie d'énergie est beaucoup plus fort dans la ville dense que dans le périurbain, car il est beaucoup plus facile d'améliorer l'efficacité énergétique du parc existant dense que du parc lâche. De plus, améliorer la compacité du tissu a une influence certaine sur les réseaux de chauffage urbain et de gaz en réseau qui gagnent en rentabilité et en faisabilité (Maizia, 2010). Ainsi, il est important de limiter le développement des tissus pavillonnaires, pour permettre une utilisation raisonnée

⁶⁷ La compacité du point de vue de l'énergéticien est définie comme le rapport du volume d'un ensemble urbain avec sa surface d'enveloppe, en contact avec l'extérieur (Maizia, 2010).

des réseaux, pour ne pas gâcher « le gisement d'économie d'énergie », tout en veillant à une isolation adéquate du parc à venir et surtout du parc existant à améliorer.

- d'une manière tout à fait pragmatique, densifier les espaces revient à offrir des logements dans la ville centre, ce qui répond à une demande (c'est par ailleurs, le cas à Toulouse). Cette densification devra s'accompagner d'une typologie de logement adéquate (une offre tant pour les familles que pour les ménages seuls).

Toutefois, l'augmentation de la densité bâtie peut aussi générer un certain nombre de problèmes :

- repousser la périurbanisation encore plus loin en renforçant l'attractivité de l'agglomération (Castel, 2010), ce qui nécessite de prévoir des actions sur le périurbain complémentaires afin de limiter les effets de l'étalement urbain,
 - augmenter la congestion routière,
 - provoquer une augmentation des prix du foncier, notamment par la recherche de verticalité (Rémy, 2010),
 - une densité forte augmenterait la mobilité associée aux loisirs, ce qui limiterait l'intérêt des politiques de densification dans le cadre des politiques de limitation des consommations énergétiques liées aux transports. (sans pour autant remettre en cause les intérêts sociaux et économiques de la ville compacte) (Nessi, 2010).

Pour conclure, Charmes affirme que, sans réelle preuve scientifique, la meilleure densité pour l'environnement serait une densité intermédiaire, suffisamment élevée pour rendre viable une desserte de TC et les services, équipements publics et commerces de proximité, mais suffisamment faible pour limiter les tentations des voyages de loisirs hors de la ville afin d'aller chercher de l'espace et de l'air pur (Charmes, 2010). On constate ici que la densité n'est pas dissociable de la qualité et du nombre des aménités urbaines, (on retrouve le concept d'intensité urbaine). Faire de la densité sans penser à une qualité urbaine suffisante n'a pas de sens et ne règlera que partiellement les problèmes. Cela est tellement vrai que le même auteur précise que le nouveau regain d'intérêt pour les centres denses n'est en fait pas du tout lié à la densité elle-même, mais aux aménités urbaines qui accompagnent cette densité : équipements, services, emplois, transports...

On rajoutera aussi que, pour le cas des centres denses, la problématique sociale est majeure. On sait, en effet, que le foncier est plus cher lorsqu'on se rapproche du centre ville, d'après le modèle standard d'économie urbaine (Cavailhès *et al.*, 2003). Il est du ressort des pouvoirs publics de veiller à un équilibrage des typologies de logements (sociaux notamment) afin de limiter la ségrégation spatiale.

Rappelons qu'à Toulouse, un des enjeux majeurs est l'accueil de nouvelles populations liées à la forte attractivité de l'agglomération. Ce qui suit concerne donc plus précisément les moyens d'actions en vue de la densification des espaces.

Un enjeu d'urbanisme (qui n'est d'ailleurs pas propre à Toulouse) est la densification des tissus pavillonnaires (Rabie, 2011). La densification « volontaire » de l'habitat individuel, par le biais des extensions et surélévations est une première option, mais encore faut-il que les règles d'urbanisme permettent ces opérations d'agrandissement (Sallez(Dir), 2007). Cette densification par le biais d'agrandissements est un moyen d'augmenter, dans une certaine mesure, la densité bâtie, mais ne permet pas une densification réelle (en nombre de logements et d'habitants par exemple) de ces espaces. Une densification en nombre de logements est un enjeu plus important (Rabie, 2011), car sa mise en œuvre est plus complexe et l'acceptation de la densification de ces tissus par les habitants semble délicate, d'autant plus s'il s'agit de lotissements (Léger, 2010). Les travaux relatifs au projet de recherche BIMBY⁶⁸ (Le Foll YhA JYh 2009-2012) ont montré qu'il existe un potentiel de densification par renouvellement des tissus pavillonnaires, notamment par redécoupage parcellaire. Aussi, le projet a montré qu'une déréglementation du PLU (allègement des règles concernant les limites séparatives ou le minimum parcellaire ; ou encore, la suppression du COS au profit d'un travail sur les volumétries (Conrad, 2011)) donne des résultats concrets, mais aléatoires. L'objectif de BIMBY est alors d'aller plus loin en accompagnant les habitants et les encourager dans leurs éventuelles démarches (Caetano-Viellard, 2011).

Pour le cas Toulousain, la concertation avec les habitants d'un quartier pavillonnaire de Toulouse dans le cadre de la révision du PLU⁶⁹ a prouvé que cela n'était pas évident, car les habitants ont affirmé vouloir conforter le caractère résidentiel de la zone ce qui implique de bloquer toute densification possible.

Ainsi, pour ce type de zone urbaine, pour faciliter l'acceptation d'une éventuelle densification, il est évident qu'il ne faut pas bouleverser trop brutalement les formes actuelles, que l'augmentation de la densité doit être réfléchie et judicieuse. Enfin, la faisabilité dépend aussi d'une validation politique et d'une acceptation par les riverains. J-M Léger montre, pour les lotissements, qu'une acceptation de la densification ne peut avoir lieu sans dialogue ni communication. « Seul un vrai dialogue entre les parties pourra faire converger le sauvetage de la planète et la défense du chez-soi » (Léger, 2010). De plus, le dialogue et la communication semblent cruciales, car si un PLU permet de créer plus de densité, un constructeur n'a aucun intérêt (financier) à construire plus dense qu'une densité optimale, à un prix foncier équivalent (Castel *et al.*, 2011a; Castel *et al.*, 2011b, faisant référence à A.Bouteille, 2008). Aussi, « en France, la majorité des prix d'achat des terrains bruts pour les

⁶⁸ BIMBY : Build In My Backyard

⁶⁹ Document issu de la « démocratie locale » du Grand Toulouse : proposition des conseillers du secteur Ouest pour le quartier de Lardenne.

maisons individuelles ne dépasse pas les 50 euros/m². A ce prix, [...] les politiques de densification se heurtent au fait que seules les maisons réalisées une par une sont rentables » (Castel *et al.*, 2011b p.15).

Du point de vue des mécanismes d'évolution de ces tissus, le PUCA a d'abord analysé les anciennes formes de lotissements « denses » (Bauer *et al.*, 2000), puis a proposé des pistes de densification de ces tissus (Desgrandchamps *et al.*, 2010). L'objectif était de trouver des moyens de densifier les lotissements, tout en conservant le caractère de « maisons individuelles » de ces formes urbaines. Les pistes proposées sont par exemple :

- La division parcellaire avec 3 options : division puis construction d'un bâtiment en hauteur mais en retrait des unités foncières initiales ; construction dans les interstices ; ou construction en L, permettant la création d'une cour sur la parcelle.
- La construction de maisons en bandes, ou mitoyennes sur une limite latérale, sur des petites unités foncières...

Dans ce cas, si le tissu est déjà totalement constitué, il faut repasser par une division des grandes unités foncières, profiter d'opportunités de renouvellement urbain, ou bien de construction dans les dents creuses.

Pour densifier les zones d'habitats individuels, des pistes existent et portent sur tous les sujets (AUDIAR, 2006) : forme et taille du parcellaire, options d'implantation du bâti sur la parcelle, recul par rapport aux limites séparatives (souvent les PLU préconisent 3 m de retrait mais rien n'empêche de faire 1,9 m comme l'exige le code civil), la hauteur...

Enfin, une autre méthode consiste à introduire des formes d'habitat garantissant un compromis entre individuel et collectif (Favet *Yh: U: WYi I L*).

Il existe donc des pistes d'évolution des tissus pavillonnaires constitués, mais il semble que cela implique des processus complexes et qui doivent absolument être acceptés, notamment s'il s'agit de lotissements. Bien évidemment cet enjeu concerne aussi l'habitat individuel bâti dans le « diffus », (qui rappelons, est notre objet d'étude), hors lotissement, d'autant plus qu'en France, la proportion de la production de maisons individuelles isolées construites en diffus, en dehors de toute procédure, pas même en lotissement est de 75% (CERTU, 2010).

La densification de l'habitat, notamment pour Toulouse est envisagée sur les tissus d'habitat individuel, car la révision du PLU prévoit de faire passer certaines de ces zones, localisées en zone d'influence des transports en commun et sur des secteurs suffisamment équipés, dans un zonage permettant du bâti en R+2.

La densification peut également avoir lieu sur des tissus urbains déjà plus denses (incluant du collectif). On a vu que cette densification pourrait avoir lieu sur les « dents creuses », dans le cadre du renouvellement urbain « au coup par coup » c'est-à-dire par le biais des

complémentaires aux évaluations plus globales. En effet, en « ciblant » directement l'objet qui nécessite une prise de décision, elles permettent de dépasser le problème lié à l'absence de normes chiffrées pour la mise en œuvre d'une planification spatiale et urbaine « durable » (voir aussi le paragraphe 1 de ce chapitre), car elles se basent sur des objectifs de développement propres au contexte local. En conclusion, il semble efficace de « penser localement » le développement durable, mais de travailler en réseau afin de replacer ces initiatives dans une perspective globale (Boutaud, 2006a p.46).

Ainsi, à l'échelle locale, on voit aujourd'hui que les collectivités sont en demande permanente d'évaluation. Évidemment, les indicateurs peuvent servir à légitimer l'action publique (Blanc *et al.*, 2008), mais ils participent aussi à l'aide à la décision dans les processus d'élaboration et de mise en œuvre des politiques publiques. « Les collectivités publiques ont besoin d'indicateurs pertinents pour savoir si elles sont sur la voie du développement durable. Ces indicateurs sont nécessaires pour évaluer, aux différentes échelles territoriales, quelle a été l'évolution de la durabilité dans le passé et pour prévoir son évolution future. C'est seulement sur la base d'indicateurs que peuvent être prises des mesures pour améliorer ou maintenir la durabilité » (Babey et Clivaz, 2005 faisant aussi référence à Schuber, 1998 ; p.2).

Ces indicateurs utilisés à l'échelle locale, peuvent prendre plusieurs formes appelées référentiels et chartes locales, systèmes d'indicateurs locaux, batteries d'indicateurs et tableaux de bord. Jegou *et al.*, établissent un classement basé directement sur le type d'indicateur et leur nombre. Ainsi, on trouve

- les batteries d'indicateurs avec un grand nombre d'indicateurs de 50 à 250,
- les sélections d'indicateurs phares (une dizaine),
- les indicateurs composites ou synthétiques (Jegou *et al.*, 2012).

Ces systèmes d'indicateurs peuvent se retrouver à différentes échelles locales : communale, opération d'aménagement, quartier, bâti, parcelle (Jegou *et al.*, 2012). Ces systèmes peuvent intégrer des indicateurs quantitatifs et des critères qualitatifs (la proportion dépend en partie de l'échelle territoriale et de l'objectif), et certains des indicateurs du système peuvent être synthétiques (telle que l'empreinte écologique) (Jegou *et al.*, 2012). Néanmoins, les indicateurs synthétiques semblent moins pertinents que les systèmes d'indicateurs pour les échelles locales et l'analyse spatiale, car les indicateurs composant les systèmes « peuvent relever de l'information géographique » (Jegou *et al.*, 2012 p.4). On trouve donc le plus souvent des « batteries » d'indicateurs à l'échelle locale.

Les critères ou indicateurs souvent qualitatifs et regroupés en « tableaux de bord » peuvent être assimilés à la famille des OQADD (Outils de Questionnement et d'Analyse des politiques et projets en matière de Développement Durable), dont l'utilisation est très répandue

TC ». Cette même action est ensuite déclinée en objectif règlementaire dans le Plan Local d'Urbanisme de la commune, sur des zones d'habitat, hors hyper-centre, à caractère mixte c'est-à-dire entre maison et petit collectif ou à caractère d'habitat majoritairement collectif. Les « documents graphiques du règlement » du PLU (voir la note de bas de page n° 61) ont permis la traduction de cet objectif règlementaire.

Un indicateur de la thèse analysera l'évolution de la densité sur le zonage en vigueur (avant l'approbation de la révision du PLU de Toulouse prévue pour l'été 2013), et dans la zone d'influence des transports en commun.

On rappelle aussi que la révision du PLU de Toulouse a donné plus d'importance à cet enjeu, avec la création de la zone UL qui permettra de construire en R+2. En effet, certains secteurs d'habitat individuel bien desservis par les transports en commun et suffisamment équipés ont été passés dans cette nouvelle zone. A contrario, certains secteurs des zones d'accueil de l'habitat collectif, le plus souvent hors de la zone d'influence des transports en commun et mal équipés vont être aussi intégrés à cette nouvelle zone UL en R+2. Au total, par le biais de la création de cette zone spécifique, la révision du PLU prévoit 300 hectares où la constructibilité est augmentée, et 300 hectares où elle est diminuée. La thèse prévoit une évaluation ex-ante de ces zones UL en vue de valider ces choix d'évolution de zonage.

L'ensemble des enjeux relevant de la densité a été présenté.

Il va de soi que la ville centre peut présenter des densités fortes (le plus souvent dans les centralités principales) et des lieux où la perception de la densité est moindre. Pour garantir une diversité des espaces et une offre de lieux diversifiés, il faut permettre aussi en ville des lieux plus calmes (Dind, 2009) qui seront plus intimes et qui pourront correspondre à certaines attentes concernant le cadre d'habitat. Cette diversité passe par des densités bâties et des proportions d'espaces verts privés variables, mais aussi des espaces de respiration dans les tissus urbains, et les espaces verts publics y contribuent. Les paragraphes suivants aborderont ces questions.

2.3.3 Deuxième enjeu pour la ville centre : le pendant de la densité, les espaces libres

La qualité du cadre de vie, est aussi favorisée par un équilibre entre les pleins et les vides, et notamment par les espaces verts privés et publics (Da Cunha, 2009). Ainsi, comme l'expliquaient Da Cunha et Kaiser, « une plus grande densité laisse aussi davantage d'espace pour la collectivité. Densifier la ville amène paradoxalement à l'aérer. Le vide est utile. Il est le support inévitable d'une densité qualifiée. [...] Dans les espaces denses, l'interaction entre le plein et le vide donne ainsi à l'espace urbain un statut polymorphe, une signification esthétique, une ambiance et une qualité. » (Da Cunha, 2009 p.11).

Cet enjeu, en analogie avec l'enjeu de densité et ses indicateurs (on verra que les indicateurs suivent le même modèle), traite des espaces non bâtis privés, qui incluent les espaces verts privés. Les espaces verts publics, qui participent à ce même enjeu sont traités plus loin avec les critères « d'aménités des zones ».

Rappelons que le fait de disposer d'un « jardin » est un rêve partagé par la majorité des français. Une enquête réalisée par le CREDOC (Djefalž'9i [„bYž2004) a montré que la maison individuelle est un rêve pour 82% des français, et d'en être en plus propriétaire pour 77%, alors que 12% seulement aimeraient être propriétaires d'un appartement. Cela s'explique en partie par le fait que pour 58% des français, le plus important dans un logement, c'est l'existence du jardin.

L'aération des espaces, à priori incompatible avec la densité, ramène à la notion d'une densité de compromis. Tout l'enjeu est donc de garder une proportion d'espaces verts dans les tissus urbains, tout en modulant des densités afin de trouver le meilleur rapport entre densité bâtie et résidentielle, espaces libres et perméables et la consommation de foncier. Pour l'habitat collectif, utiliser la verticalité permet de libérer l'espace au sol ; pour l'habitat individuel, le jardin est plébiscité, il participe au cadre de vie et présente des avantages certains. Par exemple, H. Nessi affirme que la présence du jardin privé peut être un levier pour limiter les trajets liés aux loisirs⁷⁰ (Nessi, 2009; Nessi, 2010).

Cependant, associé aux tissus urbains pavillonnaires, il est également synonyme d'une consommation de foncier. Il est évident qu'il est difficile de limiter la taille des jardins privés dans un objectif de limitation de cette consommation, sauf par une division parcellaire, difficile à mettre en œuvre. Néanmoins, les règlements d'urbanisme peuvent favoriser l'augmentation de la densité, et même, si besoin, limiter le développement des secteurs

⁷⁰ « En outre, les chercheurs norvégiens émettent l'hypothèse qu'une densité intermédiaire (de l'ordre de 80 logements à l'hectare) serait un bon compromis, limitant l'usage de la voiture la semaine et limitant la mobilité récréative le week-end » (Nessi, 2010 p.32). Or on sait qu'une densité de 80 logements/hectares est supérieure aux densités de logements que l'on trouve dans la plupart des tissus urbains d'habitat individuel.

d'habitats individuels lâches en offrant une constructibilité plus forte grâce à des règles de hauteur et d'implantations différentes (articles 6 et 7 et 9 des PLU). Les règlements d'urbanisme peuvent ainsi permettre la réalisation soit de logements individuels plus denses tels que l'habitat pavillonnaire en bande (Charmes, 2010), en modifiant les règles contraignant l'implantation du bâti⁷¹, soit de l'habitat collectif, moins consommateurs de foncier⁷². Les maisons individuelles « en rangées », les maisons de villes, les petits immeubles collectifs peuvent par ailleurs atteindre un COS (légèrement supérieur à 1), semblable aux grands ensembles de l'Ile de France (Merlin, 2007, citant V. Fouchier, 1997).

Les indicateurs développés dans cette thèse traiteront uniquement de l'analyse de la proportion d'espaces libres privés, en analogie avec l'analyse des densités sur les parcelles privées ; les deux étant en lien avec les règles du PLU. Les « espaces non bâtis » intègrent les espaces traités « en jardins », mais aussi ceux qui peuvent être minéralisés (tels que les places de stationnement non couvertes). De ce fait, cet indicateur quantitatif ne renseigne pas sur la qualité de ces espaces non bâtis. Il est donc à relier avant tout aux articles du PLU qui gèrent l'implantation du bâti (articles 6, 7 et 9), et non à l'article 13, qui est dédié à la qualité et au traitement de ces espaces.

Bon nombre d'enjeux relatifs aux espaces verts privés sont transposables aux espaces verts publics, certains sont différents. Cette question des espaces verts publics est abordée avec la présentation des derniers enjeux correspondant aux « équipements » ou « aménités » des zones.

2.3.4 Troisième enjeu pour la ville centre : les aménités des zones réglementaires

Les aménités urbaines « seraient les qualités d'un équipement ou d'un aménagement réalisé dans le but de contribuer à la « convivialité » – à rendre, tout simplement, les villes vivables » (Le Floch *et al.*, 2002 p.26). Elles comprennent les commerces, services, les emplois, les établissements publics (pour l'éducation, la formation et les loisirs), les monuments historiques, les paysages périurbains (ThéMA, 2002), les espaces verts (Gueymard, 2006), etc.

L'évaluation des zones au regard de leur « degré d'aménité », se fait à partir de 4 types d'aménités urbaines qui participent à l'intensité urbaine (Da Cunha *et al.* 2009b): le réseau de transport en commun, les commerces de proximité, les espaces et linéaires verts, et enfin les écoles ou les centres d'accueil de la petite enfance. Le choix de restreindre l'analyse à ces

⁷¹ Cela concerne des parcelles de taille modérée, où il est plus facile, par exemple, de créer de la mitoyenneté, ou une forme « en bande ».

⁷² Si on considère le nombre de logements supplémentaires qui peuvent être créés, à foncier équivalent.

quatre thèmes est bien sûr lié au fait que l'analyse de l'ensemble des types d'aménités urbaines est une tâche bien trop conséquente.

2.3.4.1 Écoles et établissements d'accueil de la petite enfance de chaque zone

L'analyse de cet équipement a été décidée après discussion au sein du service qui élabore le PLU de Toulouse, tout en sachant que d'autres pourraient venir le compléter. Cet indicateur évalue pour chaque zone, la surface de la zone située à proximité d'un de ces équipements. Dans le PLU de Toulouse qui a été étudié, aucun dispositif réglementaire n'a été prévu qui puisse favoriser ce type d'équipement, mis à part qu'il n'est pas interdit dans les zones à dominante d'habitat (dans le cadre des articles 1 et 2 des règlements). Toutefois, l'objectif de l'indicateur créé n'est pas tant d'évaluer directement l'efficacité des règles ou outils réglementaires relatifs à l'aménité, mais avant tout de caractériser le degré d'équipement de chaque zone. Face aux résultats obtenus pour les zones, l'efficacité du dispositif réglementaire peut donc être déduite dans un second temps.

2.3.4.2 Couverture des zones par un réseau de transports en commun performant

L'enjeu des transports sur le territoire toulousain a été largement abordé au paragraphe 2.3.2.3.

La création et la modification du réseau de transport sur la commune dépasse la seule logique du PLU. Elle est d'origine supérieure (intercommunale pour les transports en commun, car elle nécessite des validations entre élus des différentes communes, et d'échelle encore supérieure par exemple pour les grandes infrastructures de transport). Les principes concernant l'évolution du réseau de transports en commun sont décrits dans le Plan de Déplacements Urbains (PDU) et, à l'échelle communale, la traduction dans le PLU passe par la préservation de foncier dans le but de permettre la création des voies dédiées. Cela se traduit notamment par l'utilisation des Emplacements Réservés (L123-1-5 8°), qui permettent d'inscrire au PLU les secteurs que la collectivité désire conserver, pour la création de voies et ouvrages publics, d'installations d'intérêt général et d'espaces verts (d'après l'article du code).

L'indicateur créé n'a pas pour objectif d'apprécier l'effet de ces outils réglementaires spécifiques, mais plutôt de qualifier le zonage et leurs unités géographiques au regard de la facilité d'accès au réseau de transport en commun. Ainsi, il s'agit ici d'analyser le degré de couverture des zones réglementaires (et de leurs unités géographiques), par une zone d'influence autour des transports en commun.

2.3.4.3 Couverture des zones par les espaces et linéaires verts

Les espaces libres (notamment verts) privés ont été abordés précédemment. Les espaces verts publics viennent de la même manière participer à l'aération des tissus et jouent un rôle important dans l'urbain. Du point de vue du PLU, le mécanisme de création/préservation des espaces verts diffère, selon qu'il s'agisse d'espaces verts privés ou publics. Dans le cas des espaces verts privés, les règles qui s'appliquent à la parcelle sont les règles « courantes » du PLU (surtout les articles 6, 7, 8, 9 qui contraignent l'implantation ; et l'article 13, qui permet de définir les exigences qualitatives de ces espaces libres privés), les OAP peuvent aussi définir des orientations en la matière. Pour les espaces verts publics, cela passe davantage par le zonage (zone naturelle) ou les Emplacements Réservés.

E. Boutefeu a dirigé une enquête conduite à Lyon et portant sur « la demande sociale en lieux de nature en ville ». D'après lui, la présence d'espaces verts demeure un des premiers équipements publics spontanément cités par les personnes interrogées pour améliorer la qualité de vie en ville. La dernière enquête réalisée par l'institut de sondage Ipsos pour le compte de l'Union Nationale des Entrepreneurs du Paysage cité dans (Boutefeu, 2009, citant l'enquête de l'Ipsos-Unep, 2008) confirme l'importance de cette demande sociale de nature : trois Français sur quatre fréquentent régulièrement les espaces verts de leur commune.

Son enquête porte sur l'attrait, l'usage et la perception de 3 types d'espaces verts publics : le square, le parc urbain et les autres espaces naturels et ruraux. Il en ressort que le square est l'espace vert le plus fréquenté : plus de la moitié des personnes interrogées déclarent s'y rendre régulièrement. Cet espace vert est apprécié pour son caractère de proximité : le temps que le citoyen est prêt à consacrer pour se rendre au square est de 10 minutes à pied (ce qui correspond à une distance parcourue de 500 mètres). Au-delà de cette distance, les usagers du square préfèrent s'y rendre en transport en commun ou en voiture⁷³.

Le Parc urbain est « une pièce maîtresse du réseau vert d'une ville » (Boutefeu, 2009, p.21). A Lyon, 86,6% des personnes interrogées pendant l'enquête fréquentent les 9 parcs publics de l'agglomération. Il est le symbole de l'espace d'air pur de la ville, où les nuisances urbaines se font oublier. Pour permettre ce sentiment d'isolement, le parc doit être imperméable aux éléments de paysage urbain. « Béton, bitume, panneaux publicitaires, bruits de la ville sont tenus de rester aux portes du parc » (Boutefeu, 2009).

⁷³ Selon N. Barbarino Saulnier, la zone d'influence autour des espaces verts dépend en fait de leur surface et de leur degré d'aménagement : elle varie de 100 m pour les espaces verts de moins d'un hectare, à 500 m pour les espaces verts de 1 à 10 ha, et jusqu'à 1 km au-delà de 10 ha. Dans (Saulnier, 2006).

En conclusion, l'auteur aura montré une très forte demande d'espaces de nature, d'autant plus forte que la densité urbaine (densité bâtie) est forte. Cependant, l'auteur affirme à raison que la création de parcs et de squares est très difficile dans des zones déjà densément bâties où par définition l'offre foncière se fait rare. Il propose alors comme alternative le développement des espaces verts linéaires. « Pouvoir marcher le long d'un réseau maillé qui développe des modes doux de déplacement entre les parcs et les squares, offre des ambiances urbaines apaisées, augmente les zones de contact à une nature n'apparaissant pas comme (trop) transformée par l'homme, telle est la demande des citadins qui soulignent à l'envi que la marche est l'activité reine pour accéder à la nature. » (Boutefeu, 2009). L'indicateur réalisé dans le cadre de cette thèse et qui correspond aux espaces verts publics prend en compte les linéaires verts.

Les espaces verts dans l'urbain sont désormais indissociables du développement durable urbain intégré dans la planification urbaine. Les Agenda 21 locaux, les chartes environnementales, les Projets d'Aménagement et de Développement Durables des plans d'urbanisme, tous intègrent désormais un nombre d'actions en faveur du développement de ces espaces. Le fait est que l'espace vert urbain participe à l'attractivité de la ville, à la qualité de vie, aux loisirs, au bien-être, à la favorisation des échanges et devient aussi un facteur social de l'environnement urbain. Enfin, on prête aux espaces verts des fonctions environnementales. On peut citer premièrement la conservation de la biodiversité. En effet, d'un point de vue écologique, un certain nombre de travaux scientifiques ont démontré l'existence d'une véritable biodiversité de ville, végétale ou animale, échappée de milieux domestiques ou sauvages, souvent méconnue de la population (Blanc, 2009; Arnoult *et al.*, 2011).

La protection de la biodiversité est actuellement favorisée par la mise en place des trames vertes et bleues, comprenant des corridors écologiques et des tâches d'habitat, et permettant les flux d'espèces animales ou végétales (Arrif *et al.*, 2011; Liénard *et al.*, 2011). Les trames vertes participeraient aussi à la limitation des pollutions, à l'infiltration des eaux de pluie (Arrif *et al.*, 2011) et à l'atténuation du phénomène d'îlot de chaleur urbain (Arnoult *et al.*, 2011).

A Toulouse, l'état initial de l'environnement du PLU de 2006 affirme que près de 92% de la population toulousaine réside à moins de 500 mètres d'un espace vert public de proximité (D'après la pièce 1B – Le volet environnement, du PLU de Toulouse approuvé en 2006 ; p.37)

Au regard de ces chiffres, la proportion d'espaces verts de Toulouse semble permettre aux habitants d'avoir accès à ces aménités.

L'indicateur qui est calculé dans cette thèse prend en compte à la fois les espaces verts surfaciques (parcs, jardins publics...) et linéaires, et l'unité spatiale d'analyse est la zone du PLU. L'indicateur correspond à la notion de densité végétale (Duhayon *et al.*, 2002), définie comme le quotient d'une surface d'espace verts par la surface d'une zone, sauf qu'ici le numérateur correspond à la surface de la zone d'influence autour des espaces verts pour chaque zone. L'objectif est de montrer la quantité mais aussi la facilité d'accès (en termes de temps) à ces espaces et linéaires verts publics, pour chaque zone. Pour des raisons similaires à l'enjeu de couverture par le réseau de transports en commun, l'indicateur créé n'a pas pour objectif d'analyser des outils règlementaires spécifiques, mais d'analyser le degré de couverture des zones règlementaires (et de leurs unités géographiques) par l'aménité.

2.3.4.4 Couverture des zones par les commerces de proximité regroupés en micro-centralités commerciales

Les commerces et services de proximité sont une des composantes majeures de l'intensité urbaine au sens qu'elles sont un élément générateur de centralité. La définition des micro-pôles de proximité de cette recherche s'inspire de la définition des « pôles de vie » donnée par l'INSEE (Solard, 2010) : « Dans les grandes communes, ces pôles de vie sont repérés dans un rayon de 300 mètres, d'au moins quatre activités du commerce de quotidien, hors commerce sur éventaie et marchés, traiteur et pharmacie. » Ces commerces de quotidien regroupent les commerces alimentaires spécialisés, les commerces d'alimentation générale, les supérettes, les cafés-tabacs, librairies, marchands de journaux et papeteries. Ce thème donne lieu à deux indicateurs, le premier calcule un taux de couverture par ces micro-centralités, et le second qualifie l'accès à ces micro-centralités en utilisant une zone d'influence (de la même manière que pour les autres indicateurs).

Il existe des leviers règlementaires pour permettre cette mixité fonctionnelle : d'abord en favorisant les commerces en pieds d'immeubles. À Toulouse, les cahiers des documents graphiques du règlement du PLU de 2006 prévoient déjà sur certaines voies à dynamiser d'obliger à créer une hauteur d'au moins 3,2 m, pour les rez-de-chaussée.

Ensuite, l'article 2 est mobilisé, il admet par exemple à Toulouse les changements de destination de SHON pour les commerces, services et activités de proximité.

D'autres dispositifs plus directs existent :

Pour favoriser la mixité fonctionnelle à l'échelle d'un secteur, voire du bâti, on peut différencier les règles du PLU selon la destination « commerce », d'après l'avant dernier alinéa de l'article R123-9 du CU⁷⁴. On peut en effet moduler les différents articles du

⁷⁴ Les neuf destinations sont les suivantes (article R123-9 du CU) : habitation, hébergement hôtelier, bureau, commerce, artisanat, industrie, exploitation agricole ou forestière, fonction d'entrepôt, construction et installation nécessaires aux services publics ou d'intérêt collectif.

règlement du PLU (par exemple le COS), en faveur des 9 destinations fixés à l'article R123-9 (Pérignon, 2008). La mixité fonctionnelle à l'échelle d'un secteur peut aussi être directement induite par le biais des Orientations d'Aménagement et de Programmation du PLU, en fixant par exemple une proportion de SHON affectée aux différentes destinations que l'on veut prévoir.

Aussi, la révision du PLU de Toulouse a permis l'instauration de l'outil « linéaires commerciaux », qui permet de maintenir la destination commerciale des pieds d'immeubles. Ces linéaires commerciaux, tels qu'utilisés à Toulouse, et qui sont aujourd'hui applicables dans les PLU, sont une avancée qui permet de distinguer les « types » de commerces à préserver, en dépassant le cadre fixé par les neuf destinations imposées par le code de l'urbanisme (article R123-9) au sein des articles 1 et 2 des règlements. (Monédiaire YhA cfYbc, 2012a; Monédiaire YhA cfYbc 2012b).

La révision du PLU prévoit aussi d'interdire les commerces dont la surface de plancher excède 500 m² sur une grande partie du territoire, afin de favoriser les commerces de proximité et, à contrario, d'autoriser des surfaces supérieures sur certains secteurs pour renforcer les pôles existants et veiller à l'équilibre commercial. La version du PLU 4^{ème} modification (approuvé en décembre 2010) prévoyait également d'interdire les commerces de plus de 300 m² de SHON sur les zones d'habitats individuels.

Enfin, pour les centralités commerciales liées aux « cœurs de quartiers », il existe au PLU de 2006 un zonage spécifique UA4 (passé en UCQ avec la révision du PLU). Mais dans cette thèse on analyse la couverture par les micro-centralités commerciales sur les autres zones du PLU, car les micro-pôles de centralité ne doivent pas être spécifiques aux cœurs de quartiers identifiés. En effet, ceux que nous traitons dans cette thèse correspondent à des centralités plus importantes que les pôles de vie définis ici. De plus, ces zones UA4 représentent une très faible partie du territoire (100 hectares environ), ce qui est négligeable.

Comme pour les indicateurs précédents, l'objectif ici est de qualifier les zones du PLU (avant sa révision) en calculant, pour chacune, la proportion de couverture par les aménités. Aussi, il sera intéressant, d'ici quelques années, de mettre à jour les résultats de l'indicateur créé afin d'apprécier les effets des différents outils introduits lors de la révision du PLU.

2.3.5 Présentation du corpus d'indicateurs

Les différents enjeux ont été présentés ; chacun faisant l'objet d'un certain nombre d'indicateurs spécifiques, calculés pour chacune des zones.

Sont présentés ici l'ensemble de ces indicateurs (voir figure 7 ci-dessous), et la manière dont ils ont été réalisés, de manière synthétique. Les détails sur le traitement des données par SIG et les différents calculs seront présentés plus largement au chapitre 2 : application à la ville de Toulouse.

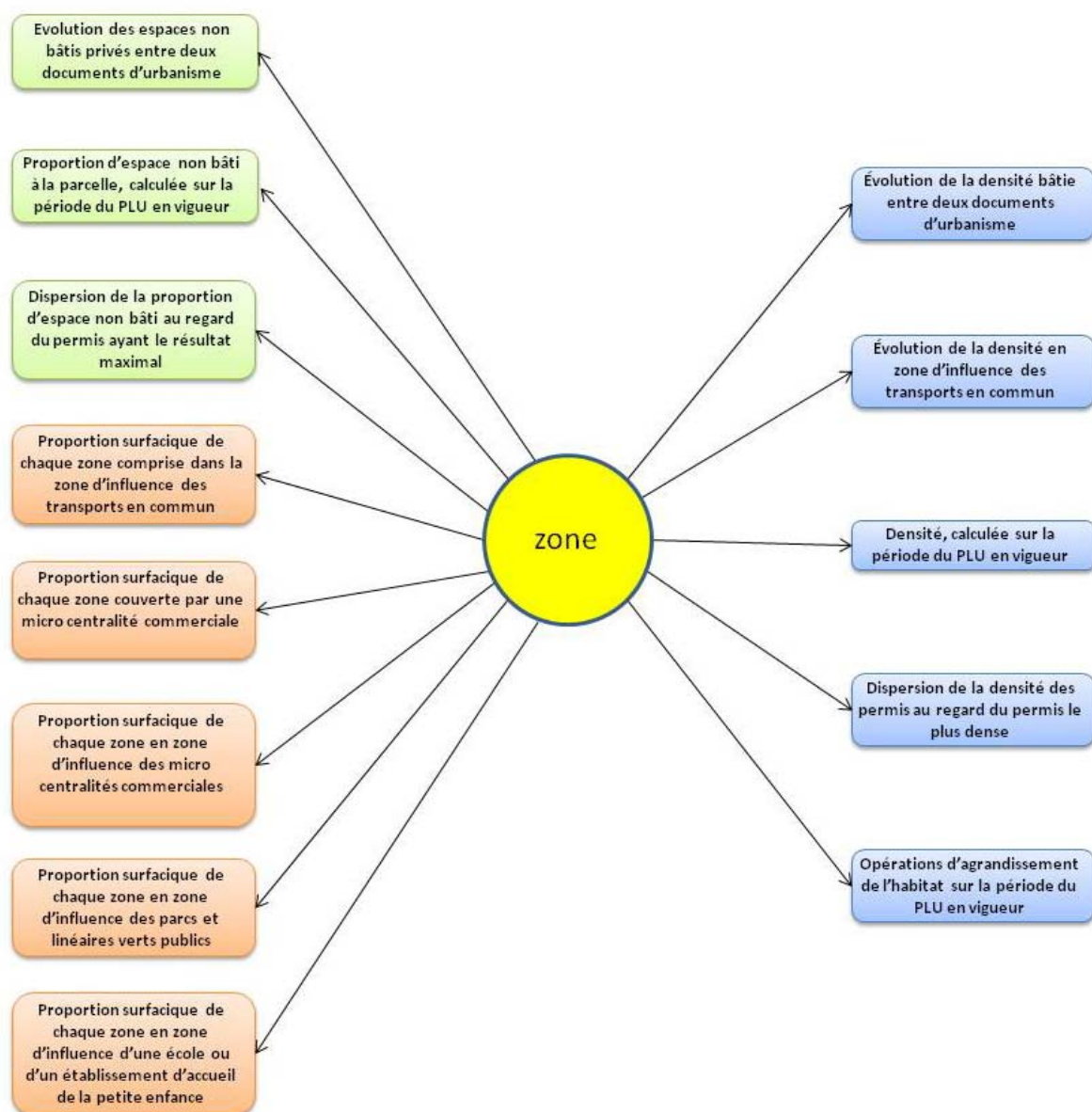


Figure 7. Corpus d'indicateurs réalisés

Les indicateurs relevant de la densité et des espaces libres sont basés sur les fichiers des permis de construire, et leurs données renseignées : surface de chaque parcelle, et surface bâtie (en SHON). Avec cette information, et après traitement, on calcule d'abord, pour chaque permis de construire, la densité de construction et la proportion surfacique non bâtie sur la parcelle, que l'on a appelé Coefficient d'Emprise au Sol Libre (CESL).

À partir de ces données calculées pour chaque permis de construire, on calcule, pour chaque zone, la densité bâtie (en COS) moyenne et un CESL moyen. Ces valeurs moyennes prennent aussi en compte des COS et CESL intermédiaires, calculés pour 4 types de parcelles, correspondant à différentes tailles (obtenues après discrétisation, voir le paragraphe 2.2 du chapitre 2 de cette partie), ainsi que la représentativité de ces différents types parcellaires pour chaque zone.

Ainsi, ces valeurs globales moyennes permettent d'avoir un résultat unique pour chaque zone, qui tienne compte en même temps du découpage parcellaire. Cela garantit un nombre restreint d'indicateurs, ce qui facilite la comparaison des zones. Cependant, dans le cadre de l'analyse multicritère qui est la deuxième méthode d'agrégation mise en œuvre dans cette thèse, afin d'avoir des résultats plus fins, on gardera les indicateurs intermédiaires correspondant aux différents types de parcelles.

A partir de ces valeurs, calculées sur deux documents d'urbanisme différents, on calcule aussi, grâce à la formule du taux d'évolution, les indicateurs « d'évolution de la densité », ou « d'évolution des espaces non bâtis ».

Les indicateurs qui donnent un résultat de « dispersion » ont pour objectif de montrer l'écart moyen entre le COS ou le CESL des permis d'une zone, au regard de la valeur (de COS, ou de CESL) maximale observée sur la zone. Pour le COS, l'objectif est d'apprécier l'écart à la constructibilité maximale observée, afin de voir l'adéquation entre la production bâtie et la constructibilité offerte par les règles. L'indicateur se base sur l'idée que si la dispersion entre les permis et le permis qui présente le COS maximal est élevée, la dispersion entre ces permis et la constructibilité offerte par les règles est forte elle aussi. Pour le CESL, l'objectif est d'apprécier la marge de manœuvre au regard de la quantité maximale d'espaces libres qu'il est possible d'observer.

Les autres indicateurs caractérisant le degré d'aménité des zones sont basés sur d'autres données : certaines d'entre elles viennent de l'organisation locale qui gère le réseau de transport public, d'autres de l'Institut national de la statistique (INSEE), comme les données SIRENE pour les commerces.

Les indicateurs relatifs aux aménités ont tous l'objectif de calculer pour chaque zone, et plus finement, pour chaque sous-objet géographique de zone (aussi appelé unité de zonage), un

taux de couverture (en pourcentage) par l'aménité elle-même ou une zone d'influence définie.

2.4 Méthodes d'agrégation des résultats des indicateurs

2.4.1 Différentes étapes pour analyser et évaluer l'effet des différentes règles sur le territoire à partir des indicateurs

A partir du corpus d'indicateurs réalisés, plusieurs options permettent d'analyser l'effet des règles. La figure 8 ci-dessous résume les différents moyens mis en œuvre dans cette thèse. La première étape est la déduction de l'effet des règles au regard des résultats de chaque indicateurs de chaque zone. Néanmoins, comme précisé à la figure 8, cela comporte un certain nombre d'incertitudes. Les autres étapes sont elles aussi soumises aux mêmes difficultés, mais les résultats obtenus dans chacune des étapes viennent compléter les premiers, tout en répondant à des objectifs secondaires.

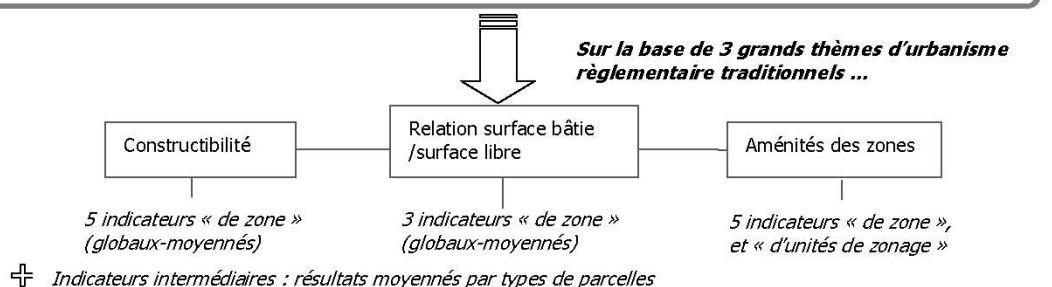
Ainsi, les étapes 2 et 3 fournissent une agrégation globale des différents indicateurs réalisés et donc des résultats synthétiques et globaux pour les zones. Quant à l'étape 4, elle renvoie des résultats plus fins à l'échelle du bâti.

A ce titre, les deux méthodes d'agrégation (étapes 2 et 3) permettent :

- soit de comparer les caractéristiques des zones entre elles en termes de ressemblances et de différences sur l'ensemble des enjeux et indicateurs (Analyse en composantes principales), puis de déduire, à partir de ces descriptions, l'effet des différentes règles,
- soit de voir l'état d'une production bâtie ou d'un degré d'aménité des zones, au regard de la production bâtie ou des aménités présentes sur l'ensemble du territoire (analyse multicritère). Cela va faciliter l'identification des zones et des unités de zonage pour lesquelles le degré d'aménité est « globalement » moindre au regard de la distribution des aménités sur le territoire. L'analyse multicritère permettra aussi de valider des choix de modification de règlements et du zonage, dans un cadre d'évaluation ex-ante.

Les deux permettent au final la comparaison des zones, mais au regard de « cibles » d'analyses différentes. La suite de ce chapitre présentera en détail les méthodes d'agrégation employées.

Objectif : Montrer l'effet des règles d'urbanisme sur le territoire



Différentes alternatives pour répondre à l'objectif ...

A PARTIR DES INDICATEURS RÉALISÉS À L'ÉCHELLE DE LA ZONE

1. Analyse pour chacune des zones de la relation entre une caractéristique de la zone et l'effet probables des règles

Méthode : pour chaque zone : analyse directe des résultats de chaque indicateur séparément, et déduction de l'effet des règles du PLU

Avantages : permet de faire des hypothèses assez précises sur les relations entre caractéristiques et règles (on analyse séparément les caractéristiques)

Difficultés concernant ces hypothèses :

→ Si l'analyse de l'effet du règlement au regard de l'indicateur est possible pour l'indicateur mesurant les espaces libres, car la norme existe (article 9 du PLU), c'est plus difficile pour la constructibilité, conditionnée par plusieurs articles (6,7, 8, 9, 10, 14)

→ S'ajoute l'indéterminisme des règles et des orientations de planifications

→ Il faut donc être prudent sur les conclusions, on doit plutôt montrer des « tendances ».

2. Comparaison des zones entre elles, sur l'ensemble des caractéristiques analysées et déduction de l'effet des règles

Méthode : synthèse et comparaison des résultats des indicateurs des zones entre elles au regard d'un ou de tous les critères (Analyse en composante principale) puis déduction de l'effet des règles de chaque zone

= Agrégation de plusieurs indicateurs

→ Permet de voir les corrélations entre indicateurs ; les ressemblances et différences entre les zones, de manière synthétique.

→ Sur la base de la description des zones au regard des indicateurs et de l'analyse des ressemblances/différences entre zones, déduction de l'effet des règles de chaque zone

3. État de chaque zone pour un ou plusieurs critères au regard des caractéristiques de l'ensemble du territoire, comparaison des zones et déduction de l'effet des règles

Méthode : Comparaison des résultats des indicateurs des zones avec l'ensemble de la production bâtie et des aménités du territoire. D'abord au regard de plusieurs indicateurs d'un même enjeu, puis de tous les indicateurs d'un même enjeu, et enfin de plusieurs enjeux (Analyse multicritère)

= Agrégation de plusieurs indicateurs

→ Permet de voir l'état de chaque zone (en fonction des critères), au regard de la production bâtie ou des aménités sur l'ensemble de la commune, toutes zones analysées confondues. Puis comparaison des zones

→ Permet d'analyser les atouts et les manques, notamment pour les aménités de chaque zone

→ Permet une analyse assez fine car utilisation des indicateurs « intermédiaires » par types de parcelles

4. RÉALISATION D'INDICATEURS À L'ÉCHELLE DU BÂTI – DENSITÉ ET ESPACES LIBRES

Est ce que ma zone X crée une ou plusieurs formes bâties spécifiques ? Sont-elles celles que l'on attendait au regard des règles édictées ? Retrouve-t-on ces types dans d'autres zones ?

Méthode : Analyse des caractéristiques des permis de chaque zone, identification de typologies et représentativité des types dans chaque zone (pourcentages de chaque type) et déduction sur l'effet des règles de chaque zone sur le bâti. (Calculs des indicateurs pour chaque permis de construire, puis Analyse en composante principale et classification ascendante hiérarchique)

→ Complément d'analyse pour la densité et les espaces libres en plus des résultats obtenus en 1. 2. et 3.

→ Permet de localiser les permis d'un même type sur le territoire

Figure 8. Méthodes employées pour l'analyse et l'agrégation des indicateurs

2.4.2 Analyse multicritère pour l'évaluation des zones

2.4.2.1 Les principes du multicritère et les différentes méthodes d'agrégation

2.4.2.1.1 Les principes généraux du multicritère

L'analyse multicritère fait partie de la théorie de l'aide à la décision. Le but des méthodes multicritères est (dans la majeure partie des cas) d'identifier la meilleure alternative possible au regard d'un jeu d'options concurrentes et où chaque option est caractérisée par plusieurs critères de jugements différents (Baycan-Levent *et al.*, 2009).

Les méthodes d'analyse multicritère sont adaptées aux processus décisionnels multicritères et multi-acteurs, impliquant subjectivité et irrationalité due à la complexité (Roy, 1997; Molines, 2003 citant Roy, 1997), car elles permettent de combiner savoir, données et information provenant de sources différentes (Kain *et al.*, 2008).

Les méthodes multicritères sont utilisées dans tous les domaines. On trouve aussi de nombreuses applications dans le champ des études environnementales (Maystre *et al.*, 1994; Munda *et al.*, 1994; Molines *et al.*, 2001) et la planification spatiale, notamment la planification d'infrastructures ou des réseaux pour les territoires ou les villes (Hinloopen *et al.*, 1983; Vreeker *et al.*, 2002; Kain *et al.*, 2008). Il existe aussi des applications pour les études urbaines concernant la durabilité urbaine (Baycan-Levent *et al.*, 2009 pour l'étude des espaces verts des villes européennes) et les choix d'occupations du sol, que ce soit pour la préservation d'espaces (forestiers, agricoles), ou l'aide à l'établissement de choix d'urbanisation, au vu des contraintes qui peuvent être naturelles ou d'ordre urbanistique (Nijkamp *et al.*, 1998; Pettit *et al.*, 1999; Dai *et al.*, 2001).

A. Schärlig résume (et simplifie) la conduite d'un processus d'analyse multicritère en quatre étapes (qui ne sont pas linéaires, mais peuvent faire l'objet d'allers et retours) :

- « - 1. Dresser la liste des solutions possibles, ou envisageables,
- 2. Dresser la liste des critères à prendre en considération,
- 3. Juger chacune des solutions aux yeux de chacun des critères,
- 4. Enfin agréger ces jugements, pour désigner la solution qui jouit globalement des meilleures évaluations » (Schärlig, 1985).

Dans le cadre de cette thèse, afin de conserver une terminologie cohérente sur l'ensemble des chapitres présentant l'application d'une méthode à la ville de Toulouse, on a appelé :

- les « critères » ou « thème » : « enjeux » s'il s'agit d'une des 3 thématiques d'urbanisme réglementaire traditionnel qui regroupent plusieurs critères (densité, aménités, espaces*

libres) ; ou directement « indicateurs » s'il n'y en a qu'un (ex : proportion surfacique de chaque zone en zone d'influence des transports en commun).

- les « sous-critères » : « thèmes de l'enjeu »

- on a aussi appelé « indicateur » la valeur chiffrée correspondant au résultat du calcul des différents indicateurs, qui sont appelés « performance », « jugement » ou « évaluation » dans la théorie du multicritère.

Cependant, dans cette partie présentant la théorie sur les méthodes d'analyse multicritère, on emploiera la terminologie propre aux analyses multicritères.

Il existe de nombreuses méthodes d'analyse multicritère. Une manière simple de les décrire consiste à présenter la typologie liée à la problématique de décision, puis la typologie relative aux méthodes d'agrégation.

2.4.2.1.2 Typologie des méthodes d'analyse multicritère au regard de la problématique de décision

B. Roy identifie 4 types de problématiques de référence, dont le choix intervient en phase d'étude du problème multicritère (Roy, 1985) et qui couvrent toutes les éventualités (Molines, 2003, p. 138) :

- la problématique de choix ($P.\alpha$) : « aider à choisir une « meilleure » action ou à élaborer une procédure de sélection ». Cela consiste à mettre en évidence un sous ensemble d'actions aussi restreint que possible (voire une seule action)

- la problématique de tri ($P.\beta$) : « aider à trier les actions d'après des normes ou à élaborer une procédure d'affectation ». Les actions ne sont pas comparées entre elles mais affectées dans des catégories définies « a priori » par l'utilisateur (les catégories peuvent signifier, par exemple : mauvais, moyen, bon...).

- la problématique de rangement ($P.\gamma$) : « aider à ranger les actions selon un ordre de préférence décroissante ou à élaborer une procédure de classement ». L'objectif est de chercher à regrouper les actions potentielles en classes d'équivalence, dans le but de classer les actions « de la meilleure à la pire » (Schärlig, 1996).

- la problématique de description ($P.\delta$) : « aider à décrire les actions et/ou leurs conséquences de façon systématique ou formalisée ou à élaborer une procédure cognitive ». Le but « est davantage de formuler un problème que de le résoudre ».

Cette dernière problématique semble être moins utilisée que les 3 autres ; en témoigne la description des méthodes multicritères réalisée par Mousseau et al. (Mousseau *et al.*, 2000), qui ne présente que 3 problématiques (choice, sorting - tri and ranking -classement).

Mousseau et al. (Mousseau *et al.*, 2000) précisent que les problèmes de tri (MCSP : Multiple Criteria Sorting Problems) diffèrent des problèmes de regroupement – classification (clustering) dans le sens où les catégories d'affectation sont définies à priori par l'utilisateur dans les problématiques multicritères de tri ; tandis que les regroupements résultent d'une partition en catégories qui sont inconnues au préalable⁷⁵.

Les mêmes auteurs présentent différents cas d'applications de la problématique multicritère de tri :

- évaluation des demandeurs de prêts ou de subventions,
- évaluation des risques financiers,
- méthode d'évaluations en amont des projets,
- planification de production de systèmes d'observation de la terre par satellites,
- diagnostics médicaux.

D'autres types de problématiques existent, comme les problématiques spatiales liées aux risques et à l'environnement (Roy, 2002; Adolphe *et al.*, 2006), ou de planification territoriale (Joerin *et al.*, 2001) (voir aussi quelques exemples d'application d'ELECTRE TRI, au paragraphe 2.4.2.2.1).

2.4.2.1.3 Typologie des méthodes d'analyse multicritère au regard de la méthode d'agrégation

Tout problème multicritère fait intervenir des actions (ou alternatives) que l'on cherche à choisir, ranger ou trier ; sur la base d'un certain nombre de critères. Chaque critère, pour chaque action fait l'objet d'une évaluation (ou jugement) qui passe par un indicateur (montrant la performance de l'action au regard du critère) ou un résultat qualitatif donné par l'utilisateur. S'ajoute à cela la possibilité de pondérer les critères selon l'importance que porte l'utilisateur à ces derniers, au regard du problème.

Au final, le résultat du problème multicritère nécessite « d'agréger les jugements que chaque critère permet de porter sur chaque action » (Schärlig, 1985), et cela peut passer, selon les méthodes, par différents moyens.

Il existe 3 types de méthodes d'agrégation : l'agrégation complète, l'agrégation partielle, et l'agrégation locale et itérative.

L'agrégation complète se base sur l'hypothèse que tous les critères sont comparables et combine les jugements de chaque critère pour obtenir un résultat global pour l'action appelé

⁷⁵ La 4^{ème} étape traitée dans cette thèse à l'échelle du bâti, mettant en œuvre une Classification ascendante hiérarchique (voir la figure 8.) rentre dans cette catégorie de méthode.

fonction d'utilité. Ainsi, « ces méthodes établissent une fonction-critère unique, qui est certes le fruit de jugements posés critères par critères, mais qui n'en revient pas moins à une agrégation finale monocritère » (Schärlig, 1985).

Les méthodes d'agrégation globale les plus connues sont majoritairement américaines, telles que la MAUT (Multi Attribute Utility Theory) et l'AHP (Analytical Hierarchy Process) de Saaty. La critique faite à ce type de méthodes est que l'agrégation de certains critères du type qualitatif notamment en un seul score final peut ne pas avoir réellement de sens (Molines, 2003 p. 157). De même, la recherche du score final tendrait à « écraser les nuances » (Schärlig, 1985).

L'agrégation partielle, au contraire de l'agrégation complète, se base sur des comparaisons, le plus souvent deux à deux, d'actions ou des classements d'actions, avant de présenter un résultat final au problème posé. Afin d'établir ces comparaisons, l'agrégation partielle se base sur la vérification de relations de surclassements. B. Roy (Roy, 1985) la définit de la manière suivante : « une relation de surclassement est une relation binaire S définie dans A telle que $a S b$ si, étant donné que l'on sait les préférences du décideur et étant donné la qualité des évaluations des actions et la nature du problème, il y a suffisamment d'arguments pour admettre que l'action a est au moins aussi bonne que b , sans qu'il y ait de raison importante de refuser cette affirmation ».

Les méthodes d'agrégation partielles se basent sur le calcul de deux indices pour valider les surclassements :

- l'indice de concordance, qui traduit le fait qu'il y ait assez d'arguments pour admettre que a est au moins aussi bonne que b
- l'indice de discordance qui traduit la raison importante de refuser la première affirmation.

La combinaison de ces deux indices peut amener (selon la méthode) au calcul d'un troisième indice appelé degré de crédibilité. Les indices de concordance et de discordance, ou l'indice de crédibilité vont permettre de définir la relation de surclassement entre a et b à savoir :

- a est préféré à b
- b est préféré à a
- indifférence entre a et b
- incomparabilité des deux actions

La famille des méthodes ELECTRE élaborées par B. Roy et PROMETHEE (Brans *et al.*, 1984) (pour le rangement) sont les plus répandues.

Enfin, les méthodes basées sur l'agrégation locale et itérative partent d'une solution de départ qui va être améliorée par une exploration locale et itérative. L'exploration passe par une interaction entre le décideur et l'homme d'étude (Molines, 2003).

L'ensemble des méthodes ELECTRE relevant de l'agrégation partielle sont présentées de manière synthétique au paragraphe suivant, puisqu'une application d'une de ces méthodes (ELECTRE TRI) est proposée pour l'évaluation du plan d'urbanisme de Toulouse.

2.4.2.2 Les méthodes ELECTRE et le choix d'ELECTRE TRI

2.4.2.2.1 Présentation des méthodes ELECTRE

Les différentes méthodes de la famille ELECTRE répondent aux problématiques de décision de choix, de tri et de rangement (Roy, 1985). Les méthodes relevant du choix et du rangement vont être présentées rapidement dans ce paragraphe, et ELECTRE TRI, l'unique méthode relevant de cette problématique sera présentée plus largement par la suite.

Des ELECTRE pour le choix

Pour la problématique de choix on trouve les méthodes ELECTRE I, ELECTRE Iv et ELECTRE Is.

ELECTRE I, nécessite, dans un premier temps, de traduire les performances (ou évaluation de chaque critère pour chaque action) sur une échelle chiffrée (traduction en note). Cela va permettre ensuite de calculer les indices de concordance et discordance nécessaires pour établir les surclassements. Un seuil de concordance minimal et un seuil de discordance maximale sont fixés, et seules les actions passant ce filtre seront sélectionnées.

ELECTRE Iv suit la même logique mais s'est adaptée à la gêne qu'ont exprimé les utilisateurs de traduire des performances en notes (Schärlig, 1996). Dans cette version, les performances initiales sont donc conservées. Le surclassement se fait à partir d'un indice de concordance sur un critère franc, et d'un veto franc.

ELECTRE Is apporte une nouveauté aux versions précédentes en introduisant un seuil de préférence et d'indifférence sur les critères, qui sont déterminés par l'utilisateur. Ces seuils vont permettre d'introduire une notion « floue » en permettant, pour chaque critère de juger à partir de quel moment l'écart entre deux jugements sur un critère devient significatif (seuil de préférence, noté « p »), ou au contraire, en dessous duquel il est peu significatif (seuil d'indifférence, noté « q »). Les paramètres que sont les seuils d'indifférence et de préférence vont influencer sur le calcul de l'indice de concordance, et avec un veto franc, sur les relations de surclassement.

On rappelle que la relation de surclassement S établie, valide ou invalide l'assertion suivante $a S b$ (et $b S a$), qui signifie « a est au moins aussi bon que b » :

$|g(a)-g(a')| \leq q$ implique $a I_g a'$ ce qui signifie que a est indifférent à a'

$q < g(a) - g(a') \leq p$ implique $a Q_g a'$ ce qui signifie que a est faiblement préféré à a'

$g(a)-g(a') > p$ implique $a P_g a'$ ce qui signifie que a est fortement préféré à a'

Sachant que a et a' sont des actions, $g(a)$ correspond à la valeur du critère g pour l'action a ($g(a)$ peut donc être un indicateur du critère g pour l'action a), p est le seuil de préférence et q est le seuil d'indifférence (voir la figure 9).

Lorsque les critères sont complétés par des seuils d'indifférence et de préférence, on parle de *pseudo-critères* ou de *critères à seuils*, en opposition aux *critères francs* ou *vrais critères*.

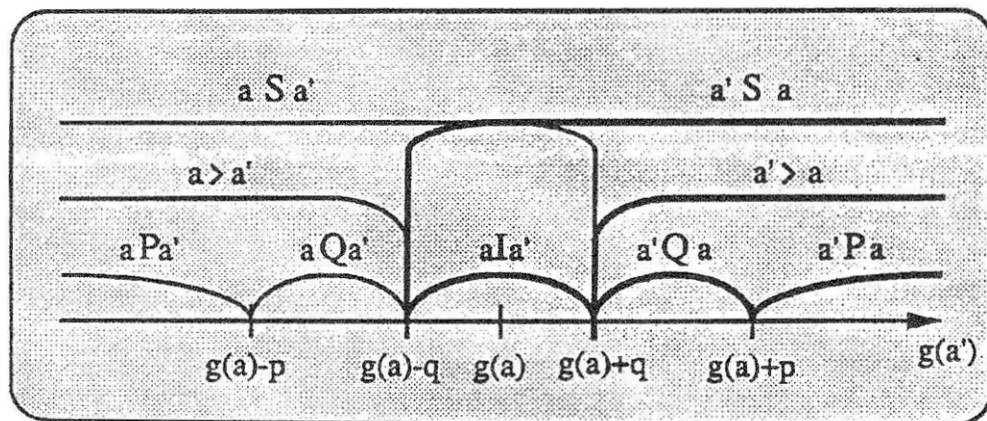


Figure 9. Relations de préférence établies à partir d'un pseudo-critère

D'après (Yu, 1992b p.10)

Des ELECTRE pour le rangement

Ces méthodes ont pour but de classer les actions des meilleures aux moins bonnes. En aménagement du territoire, elles peuvent être utilisées pour comparer des sites afin d'y implanter une nouvelle installation ou pour donner la priorité à certain projets portés par une administration (Norese, 2002; Norese, 2006). On y trouve ELECTRE II, III Et IV.

Electre II se base sur des calculs affinés (pour les indices de concordance et de discordance), ce qui amène à la création de surclassements forts et faibles (Molines, 2003).

Les surclassements faibles ont pour objectif de départager deux options qui sont données comme équivalentes dans les surclassements forts.

Enfin, deux classements des actions sont réalisés, un classement direct et un classement inverse. La comparaison de ces deux classements va permettre de valider le classement des actions qui sont classées de la même manière, et les différences seront les incomparabilités pour lesquels on ne peut rien conclure (ce sont les actions jugées impossibles à classer sur la base des informations disponibles).

Electre III suit toujours cette problématique mais ne met plus en jeu des surclassements forts et faibles car la méthode utilise cette fois-ci une échelle continue de 0 à 1. Cette échelle est en effet matérialisée par un degré de crédibilité.

La méthode introduit aussi les seuils d'indifférence, de préférence (définis pour ELECTRE Is) et de veto pour les critères, et donc permet d'utiliser des critères et un veto introduisant une part de logique floue. Enfin elle permet aussi à l'utilisateur de pondérer les critères selon leur importance pour l'évaluation.

ELECTRE IV est semblable à ELECTRE III, mais est adaptée aux problèmes pour lesquels il est difficile pour l'utilisateur de pondérer les critères.

ELECTRE pour le tri

La méthode ELECTRE TRI, répondant à la problématique bêta, est celle qui est utilisée dans cette thèse. On trouve diverses applications de la méthode ELECTRE TRI, pour des domaines parfois très différents :

- les risques liés à l'utilisation d'une technique ou technologie (Haidar, 2006; Talon *et al.*, 2009; Brito *et al.*, 2010),
- les études médicales, par exemple la procréation médicalement assistée (Figueira *et al.*, 2011),
- l'analyse d'un zonage tarifaire pour un système de transport public (Mousseau *et al.*, 1999),
- la hiérarchisation des gisements de carrières de roches pour l'exploitation (Ralijsaona *et al.*, 2010),
- les évaluations environnementales, notamment pour une infrastructure (Adolphe *et al.*, 2006),

- la réalisation de cartes d'adéquation du territoire avec des choix d'occupation du sol, pour faciliter l'aide à la décision concertée entre politiques, citoyens, hommes d'études et responsables de la planification spatiale (Joerin 'YhA i grř 2000; Joerin 'YhU"ř 2001).

Toutes ces méthodes se basent sur la création d'indicateurs, et l'utilisation de « normes » ou seuils externes pour assigner les éléments à évaluer dans différentes classes reflétant leurs caractéristiques (un potentiel par exemple, ou un niveau de risque). Les applications listées ci-dessus font l'objet d'une concertation entre experts pour la définition des paramètres du modèle.

Ces caractéristiques sont à première vue transposables aux objectifs de la thèse. On verra plus précisément au paragraphe suivant pourquoi la problématique de tri et la procédure ELECTRE TRI ont été choisies dans le cadre de cette thèse, puis on expliquera le fonctionnement de la méthode.

2.4.2.2 L'utilisation d'ELECTRE TRI

Le choix d'ELECTRE TRI

On rappelle l'objectif correspondant à l'étape 3 de la thèse, qui doit permettre d'analyser les effets du Plan Local d'Urbanisme (figure 8) : « Permettre la comparaison des résultats des indicateurs des zones avec l'ensemble de la production bâtie et des aménités du territoire. D'abord au regard d'un enjeu, puis de tous les enjeux », pour ensuite déduire l'effet des règles.

La reformulation de cet objectif permet de lister 4 caractéristiques relevant de ce problème :

- le problème est bien un problème d'agrégation multicritère ; car on désire agréger plusieurs indicateurs montrant différents phénomènes mais relatifs à un même enjeu, et aussi les indicateurs relevant d'enjeux différents,
- l'agrégation doit permettre de différencier les zones ; selon les 3 différents enjeux puis de manière globale sur tous les enjeux,
- l'agrégation (évaluation) doit permettre de différencier les zones qui obtiennent de bons résultats de celles qui en obtiennent de moins bons (par exemple pour les aménités),
- l'agrégation amène à une évaluation des zones par rapport à des objectifs et au regard du comportement de l'ensemble des zones. Ces objectifs peuvent aussi être des « références », telles que des seuils de couverture des zones par les aménités et leur zone d'influence que l'on définit (ex : 25% - 50% - 75 % de couverture de la zone).

L'action de trier permet de répondre aux attentes exprimées aux tirets 2 et 3. L'action de trier liée à l'utilisation de « références » (tiret 4) renvoie à la définition de la problématique multicritère de tri (P. β) (Roy, 1985): « aider à trier les actions d'après des normes ou à élaborer une procédure d'affectation ».

La méthode ELECTRE TRI est donc adaptée au problème multicritère posé.

Généralités sur le fonctionnement d'ELECTRE TRI

On rappelle que la problématique de tri consiste à assigner chaque action (aussi appelée alternative) dans une catégorie définie « a priori » par l'utilisateur grâce à des « actions de référence » (profiles) qui servent à séparer chacune de ces catégories (voir la figure 10). Ces « actions de référence » sont définies grâce à des scores spécifiques attribués pour chacun des critères pris en compte dans le problème multicritère.

Ce paragraphe va préciser le fonctionnement de la méthode Electre Tri.

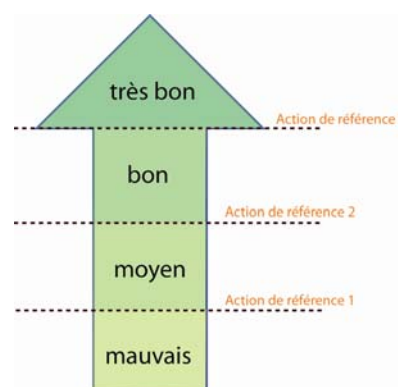


Figure 10. Schéma du principe de classement sous ELECTRE TRI

La première approche relative au tri découle des travaux de J. Moscarola, effectués sous la direction de B. Roy (voir l'article de 1977 cité par Scharlig⁷⁶) (Schärlig, 1996).

Cette première procédure permet d'assigner les actions dans 3 classes définies par avance en utilisant 2 frontières de classes mettant en œuvre des actions de référence (profiles). Concrètement, chacune des actions est comparée à ces actions de référence afin d'être affectées à une classe.

W. Yu, dans le cadre de sa thèse, et sous la direction de B. Roy, a élargi le nombre de catégories d'assignation, mais sa méthode définit les frontières par une action de référence unique (Yu, 1992a; Yu, 1992b). C'est le principe de fonctionnement de la méthode ELECTRE TRI.

La description synthétique du fonctionnement d'ELECTRE TRI qui va être maintenant présentée s'inspire très largement de celle qui est proposée par Mousseau, Slowinski et Zielniewicz (Mousseau *et al.*, 2000) et de celle réalisée par Yu (Yu, 1992b).

⁷⁶ Moscarola, J. and B. Roy (1977). "Procédure automatique d'examen de dossiers fondée sur une segmentation trichotomique en présence de critères multiples." RAIRO Recherche opérationnelle. Vol 11, N°2, pp. 145-173

Appelons a l'alternative ou l'action. L'assignement de l'alternative a résulte de la comparaison de a avec les actions de référence qui définissent les limites des catégories C . Soit F l'ensemble des indices des critères g tels que l'on a g_1, g_2, \dots, g_m ; ($F = \{1, 2, \dots, m\}$).

Soit B l'ensemble des indices des actions de référence b telles que l'on a b_1, b_2, \dots, b_p ;

($B = \{1, 2, \dots, p\}$). Les actions de référence définissent $p+1$ catégories, b_h étant la limite supérieure de la catégorie C_h et la limite inférieure de la catégorie C_{h+1} , $h = 1, 2, \dots, p$. (Voir la figure 11).

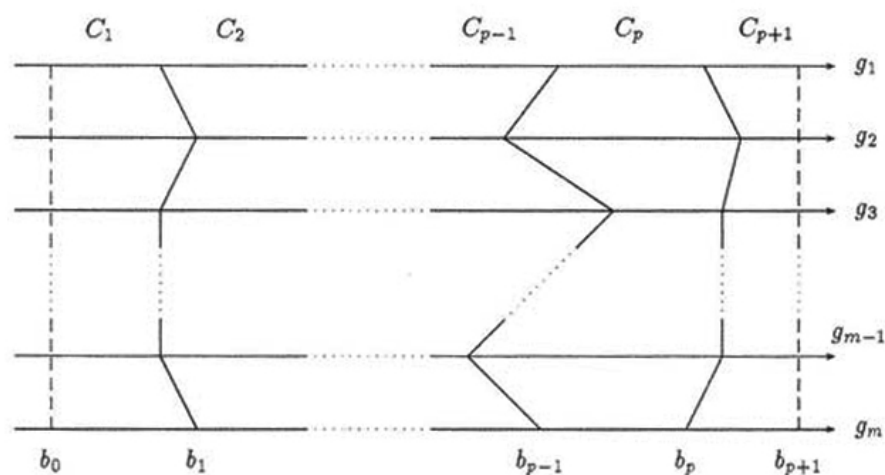


Figure 11. Définition des catégories à l'aide des actions de référence

D'après (Mousseau *et al.*, 2000, fig. p.760)

Ce qui suit part du principe que les préférences augmentent dans le même sens que la valeur attribuée pour chaque critère g_j (cette valeur est appelée aussi jugement ou performance, et elle correspond au résultat d'un indicateur par exemple)⁷⁷.

Schématiquement, la méthode assigne les alternatives dans les catégories grâce à deux étapes successives :

- la construction d'une relation de surclassement S qui caractérise le comportement des alternatives au regard des limites de catégories,
- l'exploitation de la relation S afin d'assigner chaque alternative dans une catégorie.

⁷⁷ On peut prévoir aussi dans ELECTRE TRI que lorsque la valeur du jugement diminue, la performance est considérée comme meilleure. ELECTRE TRI permet en effet, pour chaque critère, de définir le sens d'évolution du jugement. Cela pourrait être le cas par exemple, d'un taux de pollution.

Construction de la relation de surclassement

La relation de surclassement S établie valide ou invalide l'assertion suivante $a S b_h$ (et $b_h S a$), qui signifie « a est au moins aussi bon que b ».

Les seuils d'indifférence $q_j(b_h)$ et de préférence $p_j(b_h)$ sont rentrés par l'utilisateur pour les différents critères. Comme on l'a déjà présenté (voir présentation de ELECTRE Is), $q_j(b_h)$ spécifie la plus grande différence $g_j(a) - g_j(b_h)$ qui préserve l'indifférence entre l'action a et l'action de référence b_h pour le critère g_j et $p_j(b_h)$ représente la plus petite différence $g_j(a) - g_j(b_h)$ compatible avec une préférence en faveur de a sur le critère g_j . Ces paramètres vont, comme on va le voir plus loin, influencer sur le calcul de l'indice de concordance et de discordance et donc, finalement, sur les relations de surclassement (Mousseau *et al.*, 2000 p. 760).

Deux autres types de paramètres peuvent être ajoutés et interviennent dans la construction de S (Mousseau *et al.*, 2000 p.760) :

- l'ensemble des coefficients de pondération (k_1, k_2, \dots, k_m) rentrés par l'utilisateur sont utilisés pour le calcul de l'indice de concordance et permettent donc de jouer en faveur de l'assertion $a S b_h$,
- l'ensemble des seuil de veto $(v_1(b_h), v_2(b_h), \dots, v_m(b_h))$ sont utilisés pour le calcul de l'indice de discordance. $v_j(b_h)$ représente la plus petite différence $g_j(b_h) - g_j(a)$ incompatible avec l'assertion $a S b_h$.

ELECTRE TRI construit une relation de surclassement S en calculant un indice de crédibilité $\sigma(a, b_h) \in [0, 1]$ ($\sigma(b_h, a)$ respectivement), qui représente le degré de crédibilité de l'assertion $a S b_h$. ($b_h S a$, respectivement), $\forall a \in A, \forall h \in B$. Ce degré de crédibilité est par ailleurs semblable à celui qui est calculé dans ELECTRE III.

Nous allons présenter la manière dont se construit cet indice de crédibilité σ , qui est calculé à partir des indices de concordance par critères $c_j(a, b_h)$ (respectivement $c_j(b_h, a)$) et de discordance $D_j(a, b_h)$ (resp. $D_j(b_h, a)$) (la description de la méthode et des calculs est issue de Yu, 1992b, pages 14 à 22).

L'indice de concordance $c_j(a, b_h)$ exprime dans quelle mesure on peut affirmer que, sur le critère g_j , « l'action a est au moins aussi bonne que l'action de référence b_h ».

Respectivement, $c_j(b_h, a)$, exprime dans quelle mesure on peut affirmer que, sur le critère g_j , « l'action de référence b_h est au moins aussi bonne que l'action a » (Yu, 1992b p.14).

On ne présente ici la méthode de calcul des indices de concordance que dans le cas où les préférences augmentent dans le même sens que la valeur attribuée pour chaque critère. La

logique générale est la même dans le cas inverse (Voir pour les détails des calculs Yu, 1992b).

La valeur $c_j(a, b_h)$ est calculée de la manière suivante (voir aussi la figure 12) :

- si $g_j(a) \leq g_j(b_h) - p_j(b_h)$, alors $c_j(a, b_h) = 0$
- si $g_j(b_h) - p_j(b_h) < g_j(a) \leq g_j(b_h) - q_j(b_h)$, alors $0 < c_j(a, b_h) \leq 1$; et cette valeur est alors obtenue par interpolation linéaire de la manière suivante :

$$c_j(a, b_h) = \frac{p_j(b_h) - [g_j(b_h) - g_j(a)]}{p_j(b_h) - q_j(b_h)}$$

- si $g_j(a) > g_j(b_h) - q_j(b_h)$, alors $c_j(a, b_h) = 1$

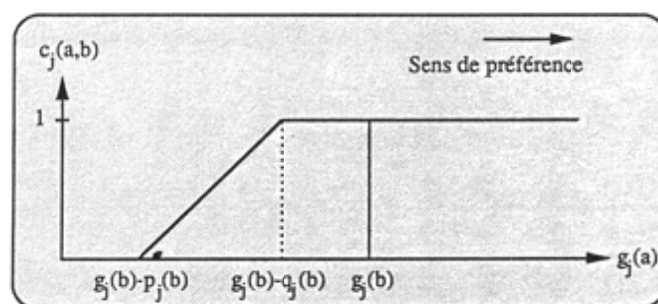


Figure 12. Définition de $c_j(a, b_h)$. D'après (Yu, 1992b p.14)

La valeur $c_j(b_h, a)$ est calculée de la manière suivante (voir aussi la figure 13) :

- si $g_j(a) \geq g_j(b_h) - p_j(b_h)$, alors $c_j(b_h, a) = 0$
- si $g_j(b_h) + q_j(b_h) \leq g_j(a) < g_j(b_h) + p_j(b_h)$, alors $0 < c_j(b_h, a) \leq 1$; et cette valeur est alors obtenue par interpolation linéaire de la manière suivante :

$$c_j(b_h, a) = \frac{p_j(b_h) - [g_j(a) - g_j(b_h)]}{p_j(b_h) - q_j(b_h)}$$

- si $g_j(a) < g_j(b_h) + q_j(b_h)$, alors $c_j(b_h, a) = 1$

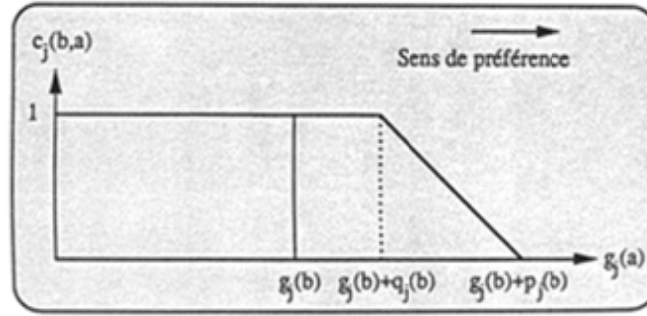


Figure 13. Définition de $c_j(b_h, a)$, d'après (Yu, 1992b p.15)

A partir de ces indices de concordance par critères, ELECTRE TRI calcule l'indice de concordance global $C(a, b_h)$ (resp. $C(b_h, a)$) qui exprime dans quelle mesure les évaluations de a et de b_h *sur tous les critères* sont en concordance avec la proposition « a surclasse b_h ». $C(a, b_h)$ est obtenue par :

$$C(a, b_h) = \frac{\sum_{j=1}^{j=m} k_j \times c_j(a, b_h)}{\sum_{j=1}^{j=m} k_j}$$

Respectivement, $C(b_h, a)$ est obtenue par :

$$C(b_h, a) = \frac{\sum_{j=1}^{j=m} k_j \times c_j(b_h, a)}{\sum_{j=1}^{j=m} k_j}$$

ELECTRE TRI calcule ensuite les indices de discordance $D_j(a, b_h)$ et $D_j(b_h, a)$.

On rappelle que $D_j(a, b_h)$ (resp. $D_j(b_h, a)$) exprime dans quelle mesure le critère g_j s'oppose à la proposition « l'action a est au moins aussi bonne que l'action de référence b_h ».

Un critère g_j est dit *discordant* avec la proposition « a surclasse b_h » ($a S b_h$) (resp. $b_h S a$), si, sur ce critère, b_h est strictement préféré à a (c'est-à-dire $c_j(a, b_h) = 0$ et $c_j(b_h, a) = 1$). Ce critère met son veto lorsque l'écart $g_j(b_h) - g_j(a)$ dépasse le seuil de veto $v_j(b_h)$ (Yu, 1992b).

La valeur de $D_j(a, b_h)$ est calculée de la manière suivante (voir la figure 14) : (ici, dans le cas d'un critère croissant, pour un critère décroissant, voir (Yu, 1992b)).

- si $g_j(a) > g_j(b_h) - p_j(b_h)$, alors $D_j(a, b_h) = 0$
- si $g_j(b_h) - v_j(b_h) < g_j(a) \leq g_j(b_h) - p_j(b_h)$, alors $0 < D_j(a, b_h) \leq 1$; et cette valeur est alors obtenue par interpolation linéaire de la manière suivante :

$$D_j(a, b_h) = \frac{g_j(b_h) - g_j(a) - p_j(b_h)}{v_j(b_h) - p_j(b_h)}$$

- si $g_j(a) \leq g_j(b_h) - v_j(b_h)$, alors $D_j(a, b_h) = 1$

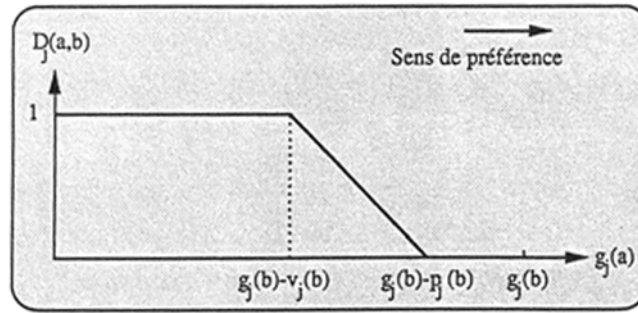


Figure 14. Définition de $D_j(a, b_h)$. D'après (Yu, 1992b p.18)

La valeur $D_j(b_h, a)$ est calculée de la manière suivante (voir aussi la figure 15) :

- si $g_j(a) \leq g_j(b_h) + p_j(b_h)$, alors $D_j(b_h, a) = 0$
- si $g_j(b_h) + p_j(b_h) < g_j(a) \leq g_j(b_h) + v_j(b_h)$, alors $0 < D_j(b_h, a) \leq 1$; et cette valeur est alors obtenue par interpolation linéaire de la manière suivante :

$$D_j(b_h, a) = \frac{g_j(a) - g_j(b_h) - p_j(b_h)}{v_j(b_h) - p_j(b_h)}$$

- si $g_j(a) > g_j(b_h) + v_j(b_h)$, alors $D_j(b_h, a) = 1$

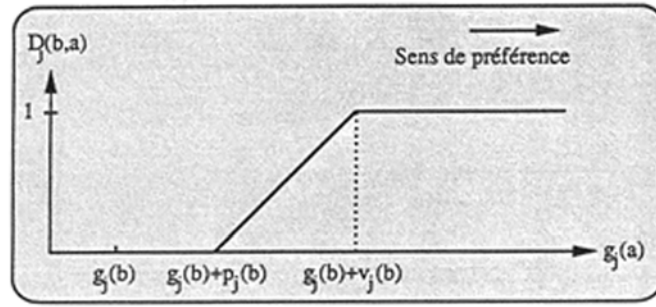


Figure 15. Définition de $D_j(b_h, a)$. D'après (Yu, 1992b p.19)

Les indices de concordances globaux et les indices de discordances calculés, on peut maintenant obtenir les valeurs des degrés de crédibilité $\sigma(a, b_h)$ et $\sigma(b_h, a)$.

Calculer les degrés de crédibilité $\sigma(a, b_h)$ et $\sigma(b_h, a)$ revient à établir deux actions de surclassement évaluées entre l'action a et l'action de référence b_h (Yu, 1992b p.21).

La définition du degré de crédibilité $\sigma(a, b_h)$ est conforme aux principes suivants :

- en l'absence de critères discordants ou lorsque tous les indices de discordance sont jugés insuffisants relativement à la valeur $C(a, b_h)$, alors le degré de crédibilité $\sigma(a, b_h)$ est égal à la valeur $C(a, b_h)$,
- lorsqu'un critère discordant g_j met son veto à la proposition « a surclasse b » ($D_j(a, b_h) = 1$) , alors le degré de crédibilité $\sigma(a, b_h)$ devient nul (c'est-à-dire que la proposition « a surclasse b » n'est pas du tout crédible,
- lorsque, sur le critère g_j , la valeur de $D_j(a, b_h)$ est entre la valeur $C(a, b_h)$ et 1, alors le degré de crédibilité de « a surclasse b » doit être diminué.

Ainsi, la valeur de $\sigma(a, b_h)$ n'est autre que la valeur de $C(a, b_h)$, affaiblie par les indices de discordance lorsque ceux-ci sont suffisamment grands.

Plus précisément, $\sigma(a, b_h)$ (resp. $\sigma(b_h, a)$) est calculé de la manière suivante :

Si $f = \{j \in F \mid D_j(a, b_h) > C(a, b_h)\} = \emptyset$, alors $\sigma(a, b_h) = C(a, b_h)$

Si $f = \{j \in F \mid D_j(a, b_h) > C(a, b_h)\} \neq \emptyset$, alors

$$\sigma(a, b_h) = C(a, b_h) \prod_{j \in f} \frac{1 - D_j(a, b_h)}{1 - C(a, b_h)}$$

A noter que l'utilisation des seuils de préférence et d'indifférence et des poids différenciés n'est pas obligatoire, mais dépendent de la qualité des données, de la volonté des décideurs et évidemment, du problème. Les seuils de veto peuvent aussi être facultatifs (Colson, Makunza 1998), pour un ou tous les critères (Voir Brito *et al.*, 2010 qui n'utilisent aucun veto). « Le pouvoir de veto n'est pas forcément conféré à tous les critères, toujours selon les préférences des décideurs. Il permet cependant à un critère doté de ce pouvoir de s'opposer à lui seul au surclassement, c'est-à-dire de s'opposer à l'assertion « a est au moins aussi bon que b » (Adolphe *et al.*, 2006 p.56). Il s'agit en quelque sorte d'une note éliminatoire. Sans veto, le degré de crédibilité devient égal à l'indice de concordance (Schärlig, 1996).

Assignment dans les catégories

A partir des différents $\sigma(a, b_h)$ et $\sigma(b_h, a)$, on peut définir une relation de surclassement nette entre a et b en introduisant un paramètre λ ($0,5 \leq \lambda \leq 1$), aussi appelé « seuil de coupe », qui est en fait la plus petite valeur de $\sigma(a, b_h)$ (resp. $\sigma(b_h, a)$) à partir de laquelle l'assertion « a surclasse b_h » est valide (Yu, 1992b p.22). Cette valeur de λ est un paramètre traditionnellement rentré par l'utilisateur.

Ainsi, si $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$, alors $a S b_h$.

Grace à ce seuil λ , ELECTRE TRI définit trois relations entre a et b_h , à savoir : l'indifférence I, la préférence > et l'incomparabilité R (actions pour lesquelles il est difficile de juger du résultat). (Voir la figure 16)

- a I b_h équivaut à $a S b_h$ et $b_h S a$
- $a > b$ équivaut à $a S b_h$ et non $b_h S a$
- $b > a$ équivaut à non $a S b_h$ et $b_h S a$
- $a R b_h$ équivaut à non $a S b_h$ et non $b_h S a$

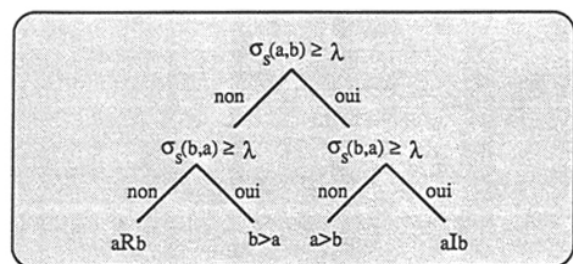


Figure 16. Relations entre a et b_h . D'après (Yu, 1992b p.22)

Enfin, ELECTRE TRI peut assigner les actions dans les différentes catégories, à partir des relations définies précédemment selon deux méthodes : pessimiste ou optimiste. La procédure pessimiste est plus stricte que l'autre car elle a tendance à pousser les actions

dans les catégories les plus basses possibles, quant l'autre va chercher à les placer dans les catégories les plus hautes possibles. Le choix de l'une ou l'autre des procédures dépend des objectifs de l'étude, comme le résume Yu :

« Electre tri pessimiste peut être appliqué aux problèmes dans lesquels une politique de prudence s'impose ou dans lesquels les ressources disponibles sont très contraignantes » (Yu, 1992b p.31)

« Electre tri optimiste peut être appliqué aux problèmes dans lesquels on favorise plus ou moins les actions qui ont des attraits particuliers ou des qualités exceptionnelles. Par exemple, dans le problème du suivi d'activité de l'entreprise, lorsque la conjoncture économique est bonne, le lancement d'activités nouvelles peut être jugé opportun et prioritaire même si leur développement pourrait entraîner des conséquences moins avantageuses par rapport à d'autres activités envisageables (ex : coût un peu trop élevé...) » (Yu, 1992b p.32)

La méthode pessimiste (ou conjonctive) fonctionne de la manière suivante (Mousseau *et al.*, 2000 p.761):

- l'action a est successivement comparée aux actions de référence b_i , $i = p, p-1, \dots, 0$. (p étant la plus contraignante, la « meilleure »)
- soit b_h étant la première action de référence telle que $a \succ b_h$; on affecte alors a à la catégorie C_{h+1}

Pour la méthode optimiste (ou disjonctive) :

- a est comparé successivement à b_i , $i = 1, 2, \dots, p+1$
- Soit b_h la première action de référence telle que $b_h \succ a$; a est assigné à la catégorie C_h .

On voit bien que les deux logiques d'assignation sont différentes. *Néanmoins, et cela est très important, c'est seulement sur les actions incomparables à certaines actions de référence que les différences d'assignation entre les deux procédures vont se révéler.*

Analyses de robustesse

Le choix des paramètres est délicat, notamment le seuil de coupe λ , comme le précise Schärliig « si la valeur de λ est élevée, peu de surclassements passent le filtre (note : car plus d'incomparabilités sont générés), et les actions a_i se retrouvent dans des classes exagérément basses en procédure pessimiste, et exagérément hautes en procédure optimiste. Et si la valeur λ est basse, l'écart d'affectation se réduit, mais comme on a pris en compte des surclassements moins robustes, le résultat est moins convaincant. [...] On peut être exigeant, et alors recevoir des résultats robustes mais quantitativement

pauvres ; ou être plus laxiste et recevoir plus d'informations mais qui sont moins robustes. » (Schärlig, 1996 p.97).

De ce fait, en plus d'une souplesse qui peut être accordée par la procédure optimiste au regard de la procédure pessimiste, un seuil de coupe λ trop faible pourrait encore rajouter de la souplesse dans les résultats. Le choix du type de procédure et des paramètres est donc primordial. Nous préconiserons dans tous les cas de ne pas utiliser des seuils de coupe λ trop faibles, quitte à générer un certain nombre d'incomparabilités sur les actions. Dans les résultats de l'application proposée dans la thèse, nous identifierons les actions évaluées pour lesquelles on obtient des incomparabilités sur au moins deux actions de référence (sur trois définies). On interprétera alors ces résultats comme étant « médiocres », c'est-à-dire, « ni bons, ni mauvais », et avec lesquels le décideur doit agir de manière prudente.

Ces seuils de coupe, associés à une procédure pessimiste, conduiront à une affectation stricte des actions dans les différentes catégories. Ainsi, combiner procédure pessimiste et seuil λ suffisamment élevé peut être utilisé pour des problématiques de tri sensibles, telles que les études liées aux risques par exemple, ou rien de doit être laissé au hasard.

On voit bien que la détermination de la valeur du seuil de coupe est un problème délicat. Plus généralement, l'ensemble des paramètres qui doivent être définis par l'analyste et le décideur pour le problème multicritère peuvent être parfois arbitraires car la connaissance sur les données disponibles peut être imparfaite (Figueira *et al.*, 2005 p.149). Cela amène à des hésitations lors de la définition de ces paramètres. Ainsi, face à ces incertitudes, tout problème multicritère fait l'objet d'une analyse de sensibilité (quel est l'impact de la variation de chaque paramètre sur les résultats ?). Aussi, l'analyste va chercher à définir à partir de quand les résultats de l'analyse multicritère deviennent robustes, c'est-à-dire qui restent acceptables pour une plage de valeurs la plus large possible, dans l'optique de pouvoir définir des recommandations fiables (Figueira *et al.*, 2005).

Ainsi, pour juger de la finesse de chacun des paramètres et définir la plage de variation qui garantit la robustesse du modèle, on peut procéder aux différentes analyses de sensibilité sur les différents paramètres (Maystre *et al.*, 1994; Haidar, 2006):

- seuil de coupe λ
- pondérations
- seuils d'indifférence et de préférence
- seuil de veto
- actions de référence

Conclusion

La version utilisée est la version 2.0⁷⁸. Cette version inclut un outil assistant qui permet de définir les nombreux, et parfois complexes, paramètres de manière automatique, à partir d'exemples d'assignations entrés par l'utilisateur (notamment seuil de coupe et poids) (Mousseau *et al.*, 2000). Cette volonté de rendre la définition des paramètres intuitive pour l'utilisateur fait encore l'objet de recherches (Doumpos *et al.*, 2009).

Nous n'avons pas utilisé cet assistant dans le cadre de cette thèse. Nous avons défini les différents paramètres de manière traditionnelle, puis soumis à chacun à une analyse de robustesse.

2.4.3 Utilisation des Analyses statistiques multivariées pour comparer et analyser les zones et la production bâtie

L'utilisation des méthodes statistiques relevant d'une méthode d'analyse factorielle et d'une méthode statistique de classification vont permettre de répondre à deux autres « étapes » de la thèse présentées à la figure 8 :

- étape 2 : « la comparaison des zones entre elles, sur l'ensemble des caractéristiques analysées »
- étape 4 : « Analyse des caractéristiques des permis de chaque zone, identification de typologie et représentativité des types dans chaque zone ».

2.4.3.1 Comparer les résultats des zones sur plusieurs critères grâce à l'analyse en composantes principales

On va ici chercher un moyen de résumer les résultats obtenus pour les zones pour l'ensemble des indicateurs, afin de voir quelles sont leurs principales ressemblances et différences. On tentera aussi d'identifier les zones qui ont les résultats les plus proches et pour quels critères. L'idéal étant d'obtenir un résultat graphique pour permettre de visualiser ces ressemblances.

La méthode qui va nous permettre d'obtenir ces résultats est la méthode statistique d'analyse en composantes principales (ACP), qui fait partie de la famille des analyses factorielles (Charre *et al.*, 1997; Dumolard, 2011).

« Les analyses factorielles résument, dans les grands tableaux numériques, l'information en colonnes » (Dumolard, 2011 p.127). Ainsi, elles permettent de définir les corrélations entre variables (par exemple des indicateurs), et de les regrouper si elles ont un lien de

⁷⁸ ELECTRE TRI version 2.0a Copyright © 1995-1998 Lamsade. Université Paris-Dauphine. Programmed by Institute of Computing Science of Poznan, Poland.

dépendance. On diminue donc le nombre d'informations disponibles en résumant les colonnes.

« L'ACP a pour but de dégager la structure sous-jacente d'un ensemble d'unités spatiales (ou d'individus), décrites par un grand nombre de variables, relevées selon un niveau de mesure quantitatif, exprimées plutôt en pourcentages. En réduisant le volume de données initiales tout en conservant le maximum d'information, elle permet d'éliminer les redondances entre variables et procède ainsi à une décorrélation » (Cauvin *et al.*, 2008 p.133). L'ACP est adaptée au traitement de données du type pourcentage (mais on peut aussi centrer – réduire d'autres types de variables quantitatives).

Ainsi, grâce à l'ACP, on va synthétiser les indicateurs réalisés pour les 5 zones analysées en projetant les informations résumées sur un graphe de synthèse. Ce graphe va en effet synthétiser les variables (ici les indicateurs) sur quelques axes (2,3) les plus représentatifs des données et dont on connaîtra le sens en ce qui concerne la contribution des variables. En conclusion, l'ACP va nous être utile pour deux choses :

- 1. La visualisation des ressemblances/disssemblances pour la comparaison des zones (nos individus) entre elles, afin de déduire l'effet du PLU par la suite.
- 2. Et en complément des premières analyses, l'analyse des « relations » entre les indicateurs car l'ACP va expliciter les corrélations. Cela apporte un certain nombre d'informations. On saura par exemple quels sont les indicateurs dépendants/indépendants (ex : est ce qu'un COS faible est corrélé avec une proportion importante d'espaces non bâtis privés ? cela correspond t-il aux zones pavillonnaires ?)

L'ACP se déroule en 3 étapes (Dumolard, 2011) :

- transformation du tableau de données (par exemple matrice zones/indicateurs) et calcul des covariances,
- calcul des axes factoriels de l'ACP et de leurs variances, (et création du graphe de représentation variables-individus sur le plan des axes factoriels)
- calcul d'aides à l'interprétation des résultats tels que les coefficients de corrélation entre les variables, corrélation des variables avec les axes créés,...

Les ACP qui sont réalisées sur le cas Toulousain permettent de fournir de l'information en termes de tendances, c'est-à-dire en termes de corrélations, ressemblances et disssemblances majeures. En effet, il y a uniquement 5 zones analysées et 13 indicateurs, il faudra donc être prudent sur l'analyse des statistiques. On prendra en compte uniquement les résultats les plus significatifs, afin d'avoir une première idée des caractéristiques générales des zones. Aussi, vu la faible robustesse des résultats obtenus avec cette ACP, il est important de coupler l'analyse des résultats obtenus ici avec les autres méthodes d'analyse développées

dans la thèse, afin de confirmer ces tendances. Ainsi, ont été réalisées : analyses directes de chaque indicateur, analyse multicritère, analyse statistique sur les permis de construire, etc. La réalisation d'une ACP pour analyser les caractéristiques des zones pourrait se prêter à des PLU ou POS présentant un zonage fortement indicé, comme cela arrive parfois, ce qui signifie un grand nombre d'individus.

2.4.3.2 Analyse des caractéristiques du bâti et établissement de typologies grâce à la classification ascendante hiérarchique

On rappelle que l'on veut répondre à la question suivante (étape 4, à l'échelle du bâti, voir la figure 8) : « Est-ce que ma zone X crée une ou plusieurs formes bâties spécifiques ? Sont-elles celles que l'on attendait au regard des règles édictées ? Retrouve t-on ces types dans d'autres zones ? »

Pour cette analyse du bâti et la création de typologie, les indicateurs de densité et d'espaces libres sont calculés pour chaque permis de construire.

Afin de réaliser les typologies, on va utiliser une méthode de classification statistique, la classification ascendante hiérarchique (CAH). « Les nombreuses méthodes de classification ont généralement pour but de créer des typologies, c'est à dire un ensemble de classes les plus homogènes possible et les plus différentes possible les unes des autres par leurs caractéristiques sur un ensemble de variables. Ce faisant, on s'appuie sur une mesure de ressemblance (multivariée) entre unités statistiques » (Dumolard, 2011 p.127).

La CAH est adaptée à de grands tableaux de données pour lesquels on veut résumer l'information en créant des classes. Généralement, on procède par une ACP avant de réaliser la CAH, afin de travailler sur des variables indépendantes. Combiner analyse factorielle et classification permet d'avoir un résumé complet de l'information (Dumolard, 2011).

L'algorithme de la CAH consiste à agréger les éléments 2 à 2 en fonction de leur ressemblance multivariée. Ainsi, à partir d'un tableau avec p variables et n individus statistiques, après n-1 étapes tous les éléments ne forment plus qu'un seul groupe. La CAH renvoie alors un arbre (dendrogramme) qui donne une image de la hiérarchie et des distances entre les classes. Les nœuds de l'arbre correspondent aux sous groupes créés (Cauvin *et al.*, 2008). C'est à partir du dendrogramme que l'analyse choisira le nombre de classes à créer. (Dumolard, 2005)

La méthode employée dans cette thèse pour caractériser la ressemblance multivariée entre individus est la distance euclidienne, et l'agrégation des groupes se fait par le biais de la méthode de Ward. Cette méthode cherche à minimiser la variance intra-classes (donc à

maximiser la variance inter-classes) pour créer des groupes homogènes les plus différents possibles les uns des autres⁷⁹ (Barbarino, 2005; Dumolard, 2005; Saulnier, 2006; Dumolard, 2011).

Les analyses factorielles et classifications sont réalisées sous l'application XLSTAT (extension d'EXCEL). Le résultat obtenu est l'assignation des permis de construire dans différentes classes, dont on connaît les caractéristiques au regard des variables (XLSTAT renvoie les barycentres de chaque classes). Pour chaque type, on connaît aussi la provenance des permis qui y ont été affectés, c'est-à-dire dans quelle zone règlementaire ils ont été déposés. A partir de cela, on peut déduire certains effets règlementaires.

Cette analyse à l'échelle du bâti permet aussi de compléter les résultats des analyses précédentes, réalisées à l'échelle de la zone ou de l'unité de zonage, et qui, on l'a vu, font le plus souvent intervenir des calculs basés sur la moyenne.

L'ensemble de la démarche a été présentée, de la création des indicateurs à leur agrégation. La partie suivante propose une application au Plan Local d'Urbanisme de Toulouse

⁷⁹ Voir la thèse de N. Barbarino (Barbarino, 2005), où une évaluation de la qualité de vie pour la ville de Lyon est proposée. Elle met en œuvre des indicateurs réalisés à l'échelle du bâti, puis une CAH permet d'établir des typologies au regard des critères de qualité de vie. Un zonage de la qualité de vie est finalement réalisé, pour l'ensemble de la commune.

Chapitre 2. Application à la ville de Toulouse

Ce chapitre présente l'application de la démarche proposée au PLU de la ville de Toulouse. Dans un premier temps, on explicite quelques préalables à cette l'application, qui concernent le territoire analysé, et les caractéristiques des documents d'urbanisme locaux. Suite à cela, l'ensemble des indicateurs, puis les résultats des différentes méthodes d'agrégation seront exposés.

1. Présentation des secteurs géographiques et des zones analysées dans le cadre de cette évaluation

1.1 Portions de territoires effectivement analysées

Les indicateurs doivent faciliter la mise en relation des caractéristiques morphologiques du bâti ou des caractéristiques propres aux zones avec les règles d'urbanisme. On a vu que les indicateurs relevant des enjeux de densité et des espaces libres sont directement réalisés à partir des permis de construire déposés sur les différentes zones du PLU. Or le territoire et les constructions qui y sont édifiées ne sont pas uniquement soumis au règlement du PLU et ses 14 articles applicables à chaque zone. En effet, on a vu que la méthode d'évaluation proposée, pour les enjeux de densité et d'espaces libres, ne s'intéressait qu'à l'urbanisme diffus. Les différentes Zones d'Aménagement Concerté (ZAC), les Programmes d'aménagement d'ensemble (PAE) et les lotissements relevant de l'urbanisme opérationnel ne rentrent pas dans l'analyse. On retire donc de nos analyses les secteurs qui sont soumis à une logique différente de l'application « courante » de l'urbanisme réglementaire aux permis de construire. De plus, d'autres prescriptions viennent, soit se rajouter, soit déroger au règlement courant : les contraintes telles que les Plans de Prévention des Risques ou encore les documents graphiques du règlement⁸⁰ en font partie.

C'est pourquoi une première phase du travail consiste à retirer des analyses les zones qui ne sont pas « gérées » par les règles d'urbanisme courantes. On désire, au final, conserver le territoire de « l'urbanisme diffus ».

Ainsi, on retire du zonage du PLU version 3^{ème} modification, (approuvé en décembre 2007), tout ce qui va impacter la constructibilité à savoir :

⁸⁰ Les « documents graphiques du règlement » du PLU de Toulouse fixent, à l'échelle du bâti, de l'îlot, ou de secteurs plus importants (pour des projets d'aménagement à venir) des règles différentes des règles spécifiques aux zones du PLU (voir la note de bas de page n° 61).

- certaines des courbes du Plan d'exposition au bruit (PEB),
- la partie de la zone inondable qui prescrit des limitations de la constructibilité,
- une partie du plan de prévention des risques naturels mouvements de terrains,
- les dispositions concernant les risques industriels (notamment SEVESO).

Sont aussi retirés les ZAC et PAE, les emprises correspondant aux documents graphiques du règlement, ainsi que le secteur sauvegardé correspondant au centre ancien et patrimonial de Toulouse.

Les lotissements (ceux de plus de 10 ans dont les règles ont été maintenues) et les lotissements récents auraient dû être retirés, mais ces données n'étaient pas disponibles et exploitables en l'état. Il s'agit d'une limite technique pour la réalisation de nos indicateurs.

De plus, toutes les zones ne sont pas analysées pour les deux enjeux (densité et espaces libres), étant donné que nous n'avons que les fichiers permis de construire à destination d'habitat. Dans la version du PLU de Toulouse analysée, il y a 8 zones urbaines à vocation d'accueil d'habitat (ces zones accueillent évidemment d'autres fonctions telles que commerces, services, artisanat, etc...). Néanmoins pour les enjeux de densité et d'espaces libres, nous n'en analyserons que 5. En effet, nous ne prenons pas en compte la zone UA1 qui correspond au secteur sauvegardé et où les dynamiques urbaines sont très faibles. La zone UA2 (hypercentre, en bordure du secteur sauvegardé) est exclue pour des raisons similaires, ainsi que la zone UA4, correspondant aux « 8 noyaux villageois » car l'emprise de cette zone est très faible (environ 100 ha).

Les cartes ci-dessous (figures 17 et 18) montrent respectivement l'ensemble des contraintes sur le territoire, et la seconde montre l'ensemble de ces zones de contraintes en bleu, et en gris les emprises que nous gardons pour réaliser les indicateurs basés sur les permis (enjeux de densité et d'espaces libres).

Contraintes et autres dispositions d'urbanisme retirées pour les analyses

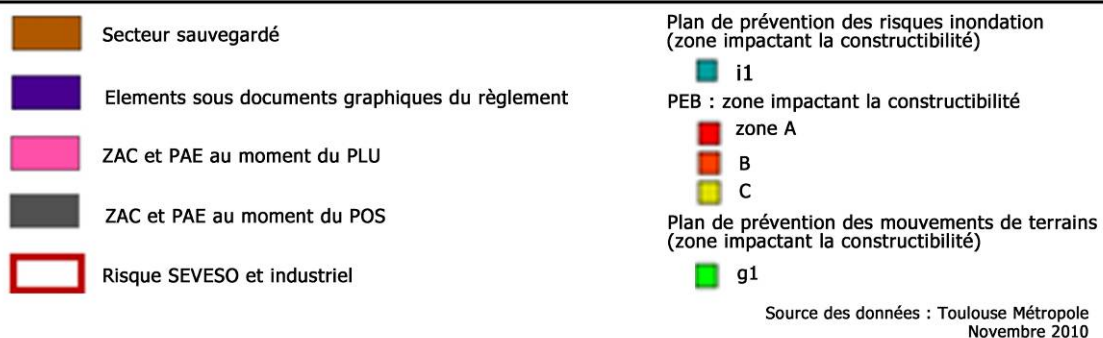
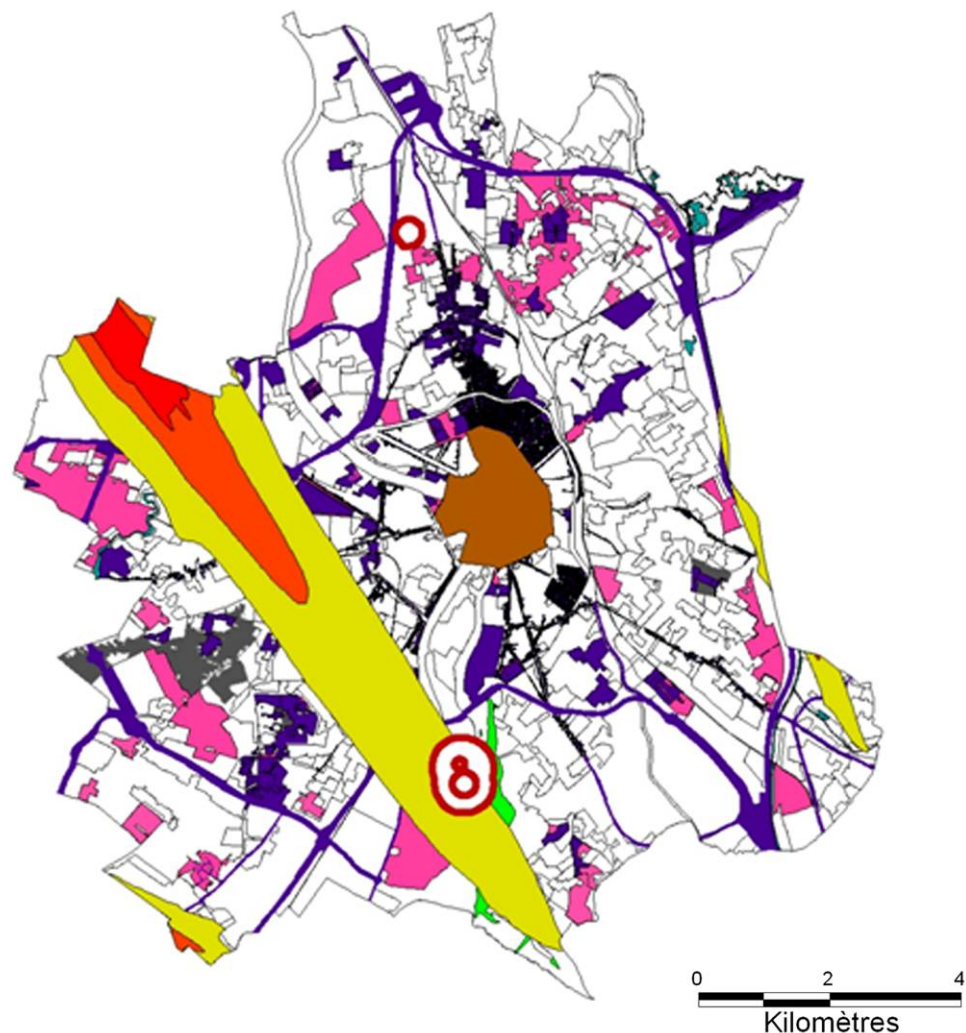


Figure 17. Contraintes spatiales retirées pour l'analyse des enjeux de densité et espaces libres

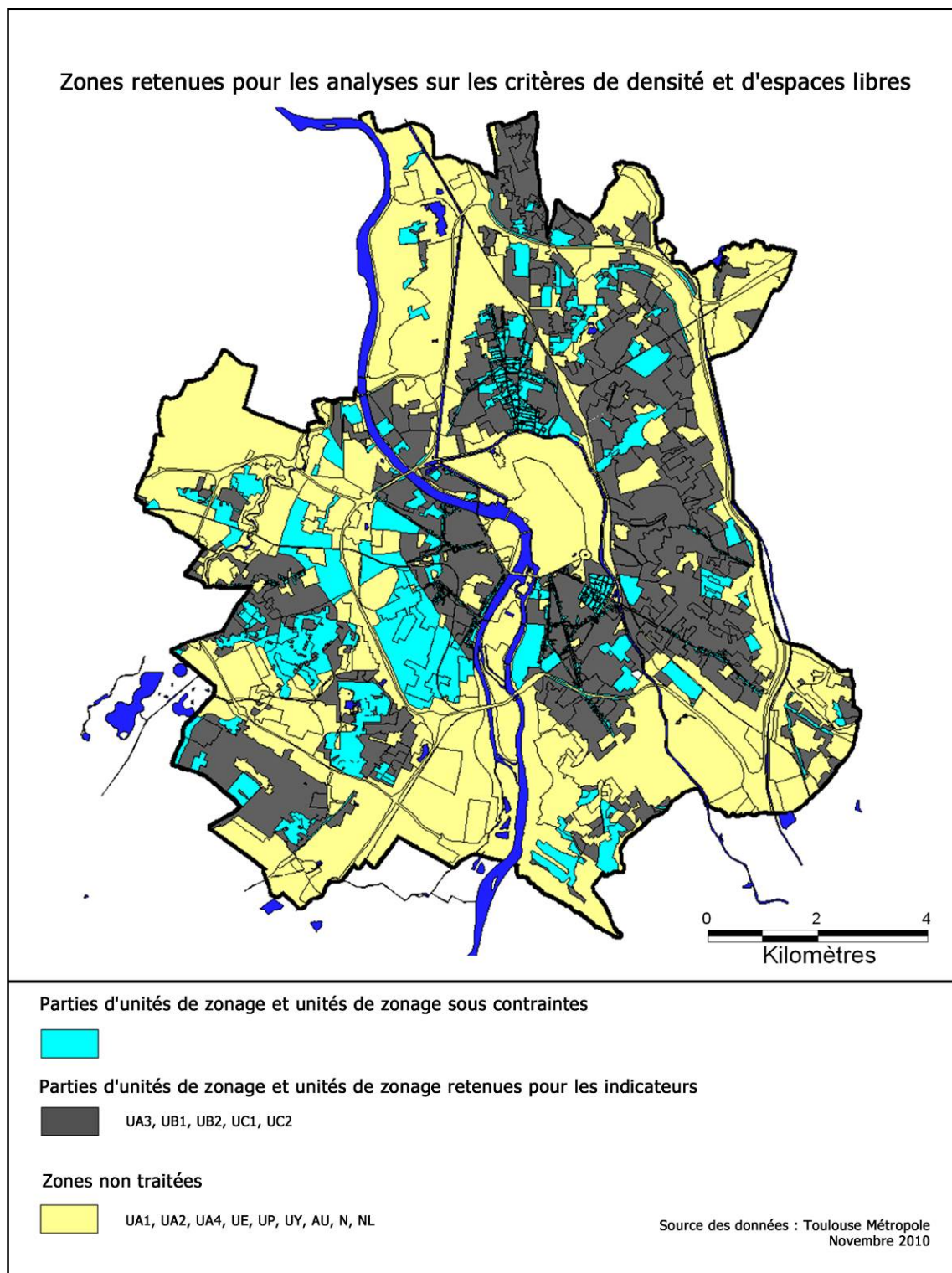


Figure 18. Territoire analysé pour la densité et les espaces libres

Seuls les indicateurs relatifs aux aménités, seront calculés sur l'ensemble du territoire communal (y compris les secteurs soumis à des contraintes ou d'urbanisme opérationnel). Les zones analysées pour les enjeux « de densité » et « d'espaces libres » sont les zones UC1, UC2, UB1, UB2 et UA3. Le tableau ci-dessous (tableau 2) résume les caractéristiques et les principes règlementaires pour chacune des zones⁸¹.

Zone	Caractéristique	Principes règlementaires
UC1	Dominante d'habitat pavillonnaire ou d'habitat individuel en bande.	<ul style="list-style-type: none"> - principe de retrait des constructions de 4 m minimum par rapport aux voies - principe de continuité ou de discontinuité du bâti ($D=H/2$) dans une bande de 17 m - emprise au sol : 50% - hauteur absolue : 7 m (R+1)
UC2	Vocation dominante d'habitat pavillonnaire à caractère discontinu.	<ul style="list-style-type: none"> - principe de retrait des constructions de 4 m minimum par rapport aux voies - principe de discontinuité du bâti dans une bande de 17 m par rapport aux limites séparatives: $D = H/2$ - emprise au sol : 50% - hauteur absolue : 7 m (R+1)
UB1	Secteurs d'habitat diversifié et de mixité situés au delà des faubourgs anciens et autour des noyaux villageois : composé de lotissements anciens, de petits immeubles d'habitat collectif, l'ensemble étant le plus généralement implanté en retrait de l'alignement des voies. Sur un parcellaire plus large, quelques immeubles de grande hauteur.	<p>vocation mixte : habitat (intégrant les dispositions en faveur de la mixité sociale), commerces, services, équipements</p> <ul style="list-style-type: none"> - principe de retrait des constructions de 4 m minimum - discontinuité ($D = H/2$) du bâti dans une bande de 17 m - emprise au sol : 50% - hauteur sur voie : $H_v = L$ - hauteur absolue : 12,50 m (R+3)
UB2	Secteurs d'habitat collectif disséminés dans l'ensemble du tissu urbain toulousain. Ils se présentent sous la forme de bâtiments dispersés sur des îlots de plus ou moins grande taille, implantés en retrait des voies de desserte.	<ul style="list-style-type: none"> - vocation mixte : habitat (intégrant les dispositions en faveur de la mixité sociale), commerces, services, équipements - principe de retrait ou d'alignement des constructions - possibilité de continuité du bâti ou de discontinuité : $D = H/2$ - emprise au sol : 50% - hauteur sur voie : $H_v = L$ - hauteur absolue : 15,50 m (R+4)
UA3	Ensemble des quartiers qui s'étendent sur les faubourgs. Le centre du faubourg, centré sur l'axe principal, est marqué par la continuité et l'alignement d'immeubles anciens souvent de modestes proportions et implantés sur des parcelles étroites qui voisinent avec quelques constructions plus élevées. Grande diversité des constructions : toulousaines traditionnelles, pavillons avec pignon en façade et parfois grosses villas de caractère. Quelques immeubles collectifs anciens et de petites copropriétés plus récentes sont disséminés dans le tissu.	<ul style="list-style-type: none"> - principe d'alignement sur rue des constructions - principe de continuité du bâti dans une bande de 17 m - emprise au sol : 50% - hauteur sur voie (H_v) : $4/3 L$ - hauteur absolue : 15,50 m (R+4)

Tableau 2. Zones analysées : caractéristiques et objectifs règlementaires

⁸¹ D'après la pièce 1C – Les choix du PADD et leur traduction règlementaire du PLU de Toulouse version 3^{ème} modification (21/12/2007).

Pour l'enjeu relatif aux aménités, les autres zones urbaines analysées sont les zones :

- UA1 : hypercentre de Toulouse, correspond au secteur sauvegardé
- UA2 : centre ville, en périphérie du secteur sauvegardé
- UA4 : les 8 « noyaux villageois » situés en périphérie de la commune
- UE1 : secteurs dédiés à l'activité économique
- UE2 : secteurs dédiés à l'activité économique, essentiellement tertiaire
- UE3 : secteurs dédiés à l'activité aéronautique ou aéroportuaire
- UP : secteurs dédiés aux grands équipements hospitaliers, cliniques, universités,...

Les calculs des indicateurs de l'enjeu « aménités » sont aussi réalisés sur les zones N (naturelle) et NL (espaces naturels de loisirs aménagés), et les zones AU (à urbaniser), car on effectue les calculs pour l'ensemble de la commune.

Les cartes présentant l'emprise de chacune de ces zones sur le territoire communal sont reportées en annexe 3. de la thèse.

1.2 Modifications de zonage intermédiaires et cohérence de nos indicateurs

Certains indicateurs ont pour objectif d'analyser les caractéristiques morphologiques des constructions prévues sur des zones règlementaires correspondant à une période du PLU, ou du POS. Pour chacune des deux périodes, on prend un plan de zonage de référence, qui correspond pour le PLU à la version 3^{ème} modification de décembre 2007, et pour le POS une version modifiée en 2004. Il est important de pouvoir définir quelle est la part des évolutions de zonage (qui ont lieu dans le cadre de procédure de modification) sur les périodes analysées. En effet, si la surface d'une zone ou d'un grand type de zone évolue de manière trop importante entre deux versions d'un document d'urbanisme, cela voudrait dire que certains des permis de construire sont en réalité déposés sur des zones différentes que celles données sur le plan de zonage de référence. On est donc obligé de quantifier dans un premier temps ces évolutions. La même question se pose pour le passage du POS au PLU (pour les indicateurs montrant une évolution). En effet, il est intéressant de voir si les zones correspondant au plan de référence du PLU avaient la même vocation au POS.

Un travail préliminaire a permis de retirer les surfaces géographiques qui ne sont pas soumises à l'application « courante » du règlement du PLU (ZAC, documents graphiques du règlement,...). Nous avons donc, pour la création des indicateurs, au PLU (version de référence de décembre 2007), les surfaces suivantes (tableau 3) :

Zone	Surface disponible pour les indicateurs (en hectares)...	... qui correspond au pourcentage de la zone globale
UC1	920	73%
UC2	454	68%
UB1	1027	75%
UB2	598	50%
UA3	467	76%
UA4	52	57%

Tableau 3. Surfaces de chaque zone règlementaires analysées pour la densité et les espaces libres

Les indicateurs morphologiques sont ainsi calculés sur une surface correspondant à 29,3% de l'ensemble du territoire communal du PLU (y compris les zones naturelles, économiques, d'activité, à urbaniser...), et 68% de l'ensemble de la surface représentée par UA3, UB1, UB2, UC1 et UC2, y compris leurs parties en secteurs de contrainte et de projet.

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés aux changements de zonage sur la période du PLU. Entré en vigueur en 2006 (1^{ère} version du zonage du PLU), nous utilisons pour nos indicateurs le zonage de la version « 3^{ème} modification » du PLU, datant de décembre 2007 (et en vigueur jusqu'à décembre 2010). L'objectif de cette partie est d'apprécier les différents changements de zonage sur les différentes versions du PLU et de voir leur importance, afin de voir si l'utilisation pour la réalisation des indicateurs de la dernière version du zonage (3^{ème} modification du PLU) comme « emprise géographique » pour les requêtes sur nos données PC a du sens. En effet, les données PC dont nous disposons pour faire nos calculs d'indicateurs (calculs statistiques) s'étendent sur toute la durée du PLU jusqu'en décembre 2009⁸² (plus précisément de la première version datant de février 2006 à décembre 2009 pour la troisième modification).

Le tableau ci-dessous synthétise les surfaces (en hectares) de chaque « grand type » de zones pour chaque version du PLU (tableau 4). Nous parlons ici de « grand type » car, par exemple, les zones de type UC1, UC2 appartiennent à un type unique correspondant à une dominance de l'habitat individuel (sous deux formes de maisons : en bande ou pavillon). Sont ensuite reportées les évolutions de chaque grand type sur différentes périodes. On fera remarquer que même si nous utilisons des données jusqu'en 2009 (zonage de 2009 et données de permis de construire de 2006 à 2009), on a poussé cette analyse d'évolution des surfaces de zonage jusqu'en 2010 (4^{ème} modification du PLU) afin de voir si la tendance se confirme sur la version suivante du PLU. Les calculs surfaciques sont réalisés grâce à l'outil

⁸² Le PLU est encore en vigueur après décembre 2009, mais ce travail de thèse ayant commencé début 2010, nous avons dû prendre les données jusqu'à ce moment là.

SIG et concernant l'ensemble des zones (y compris secteurs d'urbanisme opérationnel ou de contraintes).

Version du PLU, surfaces (en km ²)	Version du PLU ou durée d'évolution	Zone de type N (N, NL)	Zone de type UB (UB1, UB2)	Zone de type UA (UA1, UA2, UA3, UA4)	Zone de type UC (UC1, UC2)
	1 ^{er} PLU (fev 2006)	20,96	25,4	12,02	19,4
	PLU 3 ^{ème} modif (dec 2007)	21,4	25,7	11,92	19,2
	PLU 4 ^{ème} modif (dec 2010)	21,5	26,3	11,86	18,6
Évolutions en pourcentages	Évolution de 2006 à 2007	+ 2,1%	+ 1,18%	- 0,83%	- 1,03%
	Évolution de 2006 à 2010	+ 2,58%	+ 3,54%	- 1,33%	- 4,12%

Tableau 4. Évolution surfacique des types de zones règlementaires pour le PLU

D'après ces résultats, sur la durée du PLU de 2006 à 2007, les évolutions de zonage sont assez faibles. La zone UC recule un peu ainsi que la zone UA, mais on est pour UC dans de l'ordre d'une diminution de 20 ha et pour UA de 10 ha. Pour les évolutions positives, pour UB on obtient : + 30 ha, et pour N : + 44 ha. Ces évolutions de surfaces à l'échelle de ces zonages (entre 1200 ha et 2100 ha) et même à l'échelle de la commune (11800 ha), sont négligeables.

De 2006 à 2010, (rappelons que nos indicateurs basés sur les permis couvrent la période 2004-fin 2009), on observe tout de même des différences sur cette période : la zone UC perd 80 hectares, la zone UB en gagne 90. Les zones UA et N n'évoluent presque pas (respectivement -16 ha et + 54 ha).

Cependant, à l'échelle de ces zones, les évolutions restent faibles (l'évolution maximale est de - 4,12% pour UC).

Ainsi, on pourra conclure que sur la période du PLU que nous traitons, les évolutions de zonage sont anecdotiques (maximum 4% d'évolution) et correspondent en fait à des modifications de zonage à l'échelle très locale du projet (modification sur une parcelle ou un ensemble de parcelles). Les évolutions de zonage sur la période du PLU ne remettent pas en cause les résultats des indicateurs.

Pour ce qui est maintenant des évolutions de zonage du POS au PLU, on rappelle que l'on compare des critères de morphologie urbaine des permis déposés sur la période du dernier POS (version de 2004) et celle du PLU (on utilise la version du zonage de 2007, mais on analyse, par le biais des PC, la période d'application du PLU de 2006 à 2009), par le biais d'indicateurs montrant une évolution d'une caractéristique entre le POS et le PLU. Nous venons de montrer que pour la période du PLU, les changements de zonage sont négligeables. Pour la période du POS, la question ne se pose pas, étant donné que nous ne travaillons que sur une seule version du POS, la dernière. Cependant, si d'une manière séparée, les périodes du POS, puis celle du PLU ne présentent pas de problème, la quantification des changements de zonage pour le passage du POS au PLU doit être réalisée. La question se pose d'autant plus que les modifications de zonage pour la révision d'un document d'urbanisme (ou son passage de POS au PLU imposé par la loi SRU) imposent généralement un remodelage du zonage, afin de retrouver une cohérence la plus fine possible entre formes urbaines et principes règlementaires.

Deux tests ont été réalisés : le premier a consisté à prendre l'emprise des zones du dernier zonage de PLU de 2007 (UC1, UC2,...) et de regarder quelle proportion de ces zones étaient dans le même grand « type » au moment du zonage du POS. Par exemple pour la zone UC1 du PLU, quelle proportion était dans un type UC au POS ?

En effet, on observe que lors du passage du POS au PLU, le zonage a été remanié, mais les grands « types » de zonages sont restés sensiblement les mêmes. Seuls les sous-types ont changé (nombre d'indices et noms différents) (voir tableau 5 ci-dessous).

Le second test a été une quantification simple de l'évolution de ces grands « types » entre le POS et le PLU (voir le tableau 6).

Zonage du PLU (3^{ème} modif)	UC1	UC2	UB1	UB2	UA3	UA4
Surfaces des zones en 2007 en ha (PLU)	1255	665	1374	1198	612	92
Surfaces des zones au POS en ha	1063	573	1084	906	549	67
Pourcentage de la zone qui était dans le même « type » au moment du POS	85 %	86 %	79 %	76 %	90 %	72 %

Tableau 5. Évolution surfacique des zones du POS au PLU

	Surface des zones au POS en ha	Surface des zones en 2007 en ha (PLU)	Évolutions en pourcentage
UC	1843	1921	+ 4,2 %
UB	2130	2570	+ 20,7 %
UA	1158	1192	+ 2,9 %
N	2311	2147	- 7,1 %

Tableau 6. Évolution surfaciques des types de zones du POS au PLU

On peut observer que du POS au PLU, les grands types ont relativement peu évolué, sauf pour les zones UB qui ont gagné plus de 20% en surface, et les zone N réduites de 7%.

Concernant la surface de territoire concernée par nos indicateurs « de densité » et « d'espaces libres », et qui correspond aux zones UC1, UC2, UB1, UB2 et UA3, les résultats montrent que pour toutes ces emprises de zonage du PLU, au moins 76% (de 76% à 90%) en surface était déjà dans le même grand « type » de zonage au moment du POS, y compris les zones UB.

On peut donc conclure que nos indicateurs qui calculent une évolution du POS au PLU analysent des évolutions sur des zones présentant globalement les mêmes caractéristiques générales sur les deux périodes (caractéristiques existantes et/ou désirées).

Pour le cas des zones UB, qui sont celles qui ont évolué le plus (notamment par le passage de zone UC en UB), on pourra dire que ¼ de l'emprise actuelle pour l'indicateur n'était pas dans le type explicité au PLU. Cependant, l'indicateur garde son intérêt car, tout en sachant maintenant que ¼ de la surface analysée est *passée dans un type de zonage UB au PLU, notamment par passage du type UC en UB*, on peut chercher à voir quelle est la tendance d'évolution de morphologie du bâti, suite à ce changement de zonage (observe t-on une densification, qui pourrait être attendue ?).

2. Réalisation des indicateurs et résultats

Le mode de réalisation des indicateurs et les résultats obtenus sont l'objet de cette partie. Pour chacun d'entre eux, on tentera d'analyser l'effet supposé du règlement du PLU sur les caractéristiques identifiées. On se situe donc aux étapes de la réalisation des indicateurs et de l'étape d'analyse numéro 1 de la démarche globale.

Réalisation d'indicateurs

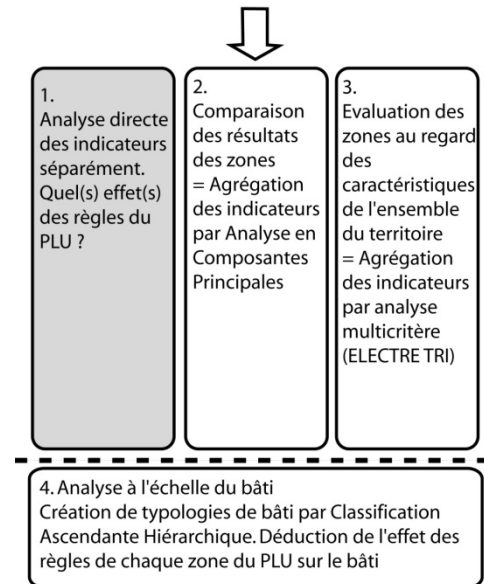


Figure 19. Schéma de la démarche : étape 1

2.1 Remarques quant à la méthode et aux données

Nous faisons remarquer que les indicateurs ne reflètent pas la « qualité » du découpage du zonage. Par exemple, ils ne permettront pas de voir un éventuel problème sur des « coutures » urbaines, c'est-à-dire les différences morphologiques qui peuvent être importantes entre le tissu urbain d'une zone, et celui de la zone voisine.

Cela nécessite une importante étude de terrain pour vérifier finement l'adéquation du zonage aux formes. Finalement, les indicateurs vérifient les évolutions de critères de « morphologie urbaine » sur des emprises de zonage et en tenant compte du *caractère général de la zone* défini au document « explication des choix du PADD et traduction réglementaire » (du PLU version 3ème modification) en tant « qu'objectifs réglementaires ».

De plus, ce travail ne reflète pas exactement la morphologie et le volume des constructions réelles, mais ceux des constructions autorisées par les pouvoirs publics car nous nous basons sur les permis délivrés. Dans l'idéal, il faudrait prendre en compte les permis qui ont été réalisés. On gardera donc en tête que chacun des résultats est le reflet du volume et de la forme de ce qui a été autorisé par la collectivité, pas forcément du volume (et dans une moindre mesure de la forme) construit au final, on peut donc parler de tendances pour l'analyse de la morphologie bâtie.

De plus les résultats comportent parfois des incertitudes (les difficultés rencontrées sont toutes explicitées dans le rapport, qu'elles soient dues aux données ou à des difficultés dans les traitements).

Enfin, le troisième élément porte sur les plages temporelles analysées, bien différentes : si pour les indicateurs relatifs aux enjeux de densité et d'espaces libres la période du PLU analysée est de 46 mois, la durée disponible pour les données au POS est nettement plus faible qu'au PLU (du 31 décembre 2004 au 17 février 2006, soit 13,5 mois). Cependant, les indicateurs qui traitent d'une évolution entre les deux périodes se basent sur des calculs de moyennes (COS moyen, par exemple) réalisés d'abord pour une période donnée, avant de passer au calcul d'un taux d'évolution. Ainsi, les indicateurs n'intègrent pas la variable temporelle. Néanmoins, si cela n'a pas d'effet dans les calculs, cela peut avoir un effet indirect sur le résultat de ces calculs de moyennes car le nombre de permis de construire déposés en 46 mois n'est pas le même qu'en 13,5 mois.

2.2 La variable « type de parcelle » : explication de la discrétisation selon la taille des unités foncières

Les indicateurs qui se basent sur les permis de construire prennent en compte une variable « type de parcelle », basée sur la taille de ces emprises. Les objectifs recherchés pour cette discrétisation sont les suivants : avoir un nombre limité de classes (4 étant idéal), obtenir des classes avec des effectifs égaux (ou comparables), et qui soient cohérentes avec le sens que l'on peut attribuer à ces classes, en termes d'analyses urbaines.

Afin de réaliser la discrétisation, on se base sur l'ensemble des permis de construire dont nous disposons (voir la distribution sur le graphe ci-dessous, figure 20).

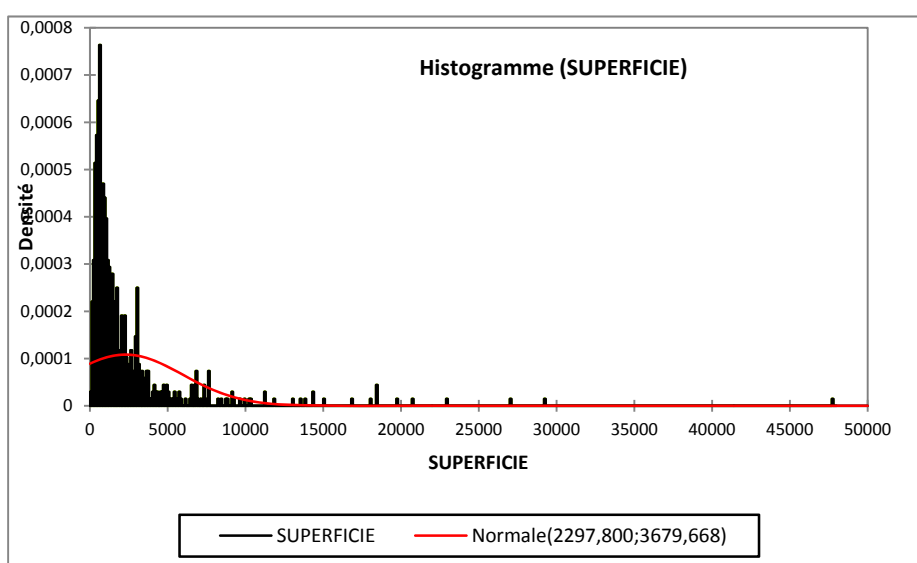


Figure 20. Distribution de la taille des parcelles correspondant aux permis de construire

Plusieurs méthodes de discrétisations automatisées ont été testées⁸³, mais aucune ne permettait de répondre à nos trois objectifs.

La discrétisation a donc été réalisée manuellement, en cherchant pour chaque classe un nombre d'effectifs adéquat (suffisants et comparables), des limites de classes « cohérentes » du point de vue du sens à donner aux tailles de parcelles et en cherchant des bornes de classes qui permettent, si possible, d'observer un seuil.

Les 4 classes obtenues sont les suivantes (l'unité étant le m²) :

- petites parcelles : [0 – 712[: correspond à 31% de l'ensemble des permis
- parcelles moyennes : [712 – 1502[: 28 % des permis
- grandes parcelles : [1502 – 4053[: 28 % des permis
- très grandes parcelles : [4053 et plus : 13% des permis

Ainsi, la dernière classe est à peu près deux fois moins représentée que les trois autres. Cependant, on conserve cette discrétisation, car le sens attribué aux classes (petit, moyen, grand) est cohérent.

2.3 Réalisation des indicateurs relatifs à la densité

Tous les indicateurs, avec la méthode de réalisation et les résultats obtenus vont être présentés. Pour chacun, on donnera aussi une analyse de l'effet supposé du règlement du PLU ou du zonage sur les résultats.

2.3.1 Densité bâtie, calculée sur la période du PLU

Pour chaque zone, la densité bâtie permise par les règles du PLU est caractérisée par un calcul de Coefficient d'occupation des sols moyen (COS). La méthode de calcul (pour chaque zone) est la suivante :

- Les COS sont d'abord calculés pour chaque permis de construire déposé sur la période du PLU
- Pour chaque type de parcelle correspondant à ces permis, un COS moyen est calculé
- Enfin, un COS global moyenné est calculé sur la base de ces COS moyens, pondéré par le pourcentage de chaque type d'unités foncières correspondant aux permis de construire déposés pour chaque zone.

Le fait de travailler en prenant en compte la taille des unités foncières et leur proportion par rapport à l'ensemble des permis de construire déposés permet d'avoir un résultat de COS global synthétique qui reflète également les variations de morphologie parcellaire et leur représentativité.

⁸³ Méthode des effectifs égaux, des seuils naturels (par discrétisation automatique sous XLSTAT par K-moyennes et Fisher), et progression géométrique.

De manière plus détaillée, sur la période du PLU, les étapes sont les suivantes :

- Sélection des constructions neuves, sur une parcelle vierge de toute construction au moment du dépôt du permis de construire.
- Pour chaque permis de construire, calcul de l'équivalent du COS, en divisant la SHON par la surface de la parcelle. (Nous avons ces deux données dans les tables des permis de construire.)
- Pour tout le zonage, calcul du pourcentage de types de parcelles correspondant aux permis de construire qui ont été déposés.
- Calcul du COS moyen par type de parcelle ; (on prend tous les PC déposés sur un type et on calcule la moyenne des COS préalablement calculés pour ce type)
- Calcul du COS global pour la zone, de la manière suivante :

$$COS_{global} =$$

$$\%_{petites\ parcelles} \times COS_{moyen\ petites\ parcelles} + \%_{parcelles\ moyennes} \times$$

$$COS_{moyen\ parcelles\ moyennes} + \dots + \%_{très\ grandes\ parcelles} \times COS_{moyen\ très\ grandes\ parcelles}$$

On obtient donc pour chaque zone, un COS global pour la période du PLU, ainsi que des COS intermédiaires par type de parcelles. Les COS intermédiaires par type de parcelles pour chaque zone sont utilisés dans l'agrégation par analyse multicritère ; le COS global moyenné et pondéré dans l'analyse est utilisé dans l'analyse multicritère et l'analyse en composantes principales, car il est synthétique (cela vaut aussi pour les indicateurs relatifs aux dispersions et aux espaces libres).

Le tableau suivant (tableau 7) présente pour chaque zone les résultats par type de parcelle, puis le COS global.

	UC1		UC2		UB1		UB2		UA3	
COS global au PLU	0,36		0,15		0,73		1,05		1,41	
COS petites parcelles	0,43	46%	0,26	18%	0,42	24%	0,29	4%	1,4	52%
COS parcelles moyennes	0,33	20%	0,17	40%	0,76	21%	1,13	23%	1,59	24%
COS grandes parcelles	0,31	25%	0,09	28%	0,87	41%	1,34	43%	1,26	19%
COS très grandes parcelles	0,21	10%	0,05	13%	0,8	15%	0,68	30%	1,19	5%

Tableau 7. Résultats de l'indicateur de densité calculée au PLU

Les résultats obtenus sur la période du PLU sont logiques si on cherche à hiérarchiser les zones en fonction de leur densité : la zone pavillonnaire a un COS très faible, la zone d'habitats individuels a un COS assez commun pour ce type de tissu urbain, la zone UB1 mixte, (entre habitat individuel et collectif) se trouve entre UC1 et la zone UB2 d'habitat collectif. Enfin, la zone UA3 qui correspond aux faubourgs, proche de l'hypercentre est la plus dense.

L'indicateur suivant (évolution de la densité entre deux documents d'urbanisme) fournira les analyses quant aux hypothèses que l'on peut formuler sur la relation entre ces résultats et l'effet supposé des règles.

2.3.2 Évolution de la densité bâtie entre deux documents d'urbanisme

Il s'agit de voir l'évolution de la densité des constructions délivrées entre deux périodes correspondant chacune à un document d'urbanisme.

L'indicateur précédent fournit un indice de densité bâtie moyennée et pondérée selon les types de parcelles présents sur la zone, pour la période du PLU. La réalisation de cet indicateur passe par le calcul de cette même densité bâtie, pour la période du POS. Enfin, le calcul d'un taux d'évolution permet d'obtenir le résultat final. Le tableau ci-dessous (tableau 8) résume les résultats pour les 5 zones. Les résultats détaillés du nombre de permis et de logements analysés, ainsi que leur type (individuel/collectifs) sont reportés à l'annexe 4.

	UC1	UC2	UB1	UB2	UA3
COS global au PLU	0,360	0,15	0,727	1,05	1,409
COS global au POS	0,283	0,209	0,468	0,744	1,681
Évolution du POS au PLU	+27%	-28%	+55%	+41%	-16%

Tableau 8. Résultat de l'indicateur d'évolution de la densité du POS au PLU

2.3.2.1 Analyse des résultats pour les zones d'habitats individuels

Pour le zonage UC1 au complet, on observe une forte augmentation du COS (+27%). Après analyse des permis de construire, et afin de comprendre ce qui a pu permettre une telle évolution, on comprend *que cela est dû à un certain nombre de permis qui ont été autorisés et à destination de petit collectif dans cette zone à vocation d'habitat individuel, avec une proportion de 20% à la période du PLU, (et de 8% sur la période du POS analysée).*

Si on ne se concentre que sur l'évolution de la densité de l'habitat individuel, on remarque que le COS obtenu pour toute la zone au POS est égal à 0,263 et au PLU à 0,30. *Pour les maisons individuelles seulement il y a donc eu une évolution positive (+14%), plus faible que pour l'ensemble des permis.*

L'évolution de la densité positive des permis d'habitat individuel peut s'expliquer, entre autre, par le fait que lors du passage du POS au PLU, il a été permis la construction sur limites séparatives en UC1, alors que c'était interdit dans la zone UCa du POS, qui couvre une grande partie de la UC1 actuelle.

En conclusion, pour UC1, la forte évolution positive est dûe à la construction de logements collectifs pour la période du PLU, et dans une moindre mesure, pour l'habitat individuel dominant, à la possibilité donnée de construire sur limites séparatives.

Après vérifications des évolutions règlementaires (dans le cadre de modifications) pour la période du PLU, on observe que ces collectifs (déposés presque tous avant décembre 2007, donc avant la troisième modification du PLU) étaient soumis à la même règle de hauteur que l'habitat individuel à savoir une limitation à 2 niveaux (R+1). Il semblerait donc que ces permis collectifs ont été délivrés dans le cadre de la règle. Néanmoins, après discussion avec la personne en charge du PLU à l'époque, il y a sûrement eu un problème sur la cohérence entre la doctrine voulue par les rédacteurs du PLU (de l'habitat individuel) et les instructeurs du PLU qui ont appliqué le règlement. D'ailleurs, à la troisième modification du PLU, une précision a été apportée à l'article 2 du règlement de la zone (précision qui ne pourrait exister légalement aujourd'hui), à savoir l'acceptation « d'habitat pavillonnaire ou d'habitat individuel en bande en compatibilité avec les caractéristiques du tissu urbain du quartier. »

Pour UC2, on observe une évolution négative. On sait que lors de l'instauration du PLU, un COS limitant de 0,2 a été instauré pour l'ensemble de la zone. Cela peut expliquer que tous les PC au PLU aient un COS inférieur à 0,2 ; et par extension, cela explique le résultat d'évolution négatif.

Si des permis pour des logements collectifs ont été autorisés pour UC1, on remarque qu'il en est de même pour UC2 (6% au POS, 5% au PLU), mais dans des proportions moindres. De plus, le COS pour ces collectifs est faible (de l'ordre de 0,3).

L'enjeu de densification des zones d'habitat individuel ou pavillonnaire a été abordé au chapitre précédent (paragraphe 2.3.2). Au regard des résultats obtenus ici, il est évident que si la collectivité désirait densifier ces zones, cela devrait s'accompagner d'une suppression de la règle de COS, ou de la dérèglementation des règles morphologiques, ou encore, de la modification du règlement et du zonage en créant par endroits des secteurs où plus de constructibilité est donnée. Cela a d'ailleurs été fait dans le cadre de la révision du PLU. En effet, des secteurs d'UC1 et UC2 où 2 niveaux (R+1) étaient traditionnellement autorisés, ont été passés dans un zonage où 3 niveaux (R+2) sont autorisés, ce zonage étant compris dans la zone d'influence des transports en commun.

2.3.2.2 Analyse des résultats pour les zones d'accueil de logements collectifs

On observe qu'en moyenne, sur UB1 et UB2, il y a eu une densification du bâti assez importante (taux d'évolution de + 55% et + 41% environ). En UA3, le COS moyen a baissé (-16%). Cela est dû à une opération pour des logements collectifs déposée au POS et dont le COS est égal à 4,1, pour un faible nombre d'entrées dans la base de permis sur la période du POS (12 permis). Néanmoins le COS au PLU reste le plus élevé des 5 zones analysées.

L'analyse approfondie des résultats nous amène à analyser la cohérence entre les évolutions de densité et les évolutions réglementaires, entre le POS et le PLU. Si au POS, les données des PC correspondent tous à la version « 4^{ème} modification » du POS, en revanche, au PLU, les données analysées couvrent le PLU de sa toute première version jusqu'à la version « 3^{ème} modification ». C'est par ailleurs cette version qui nous sert de référence, car on sait que les procédures de modifications modifient très peu le règlement (on y traite surtout des ER, EBC, zonage, et à la marge, du règlement).

Ainsi : pour les actuelles zones UB1, UB2 et UA3, on observe les différences réglementaires suivantes⁸⁴ entre le règlement du dernier POS et le PLU version 3^{ème} modification :

⁸⁴ Sont analysées les principales zones du POS qui couvrent les actuelles zones UB, et UA3. Par exemple la surface d'UB1 analysée dans cet indicateur était à 31% de l'UBa, à 35% de l'UBb, à 14% de l'UBo et à 9% de l'UCa au POS. Les zones en proportions plus faibles ne sont pas traitées.

	Évolutions de zonage	Évolutions des règles correspondant aux évolutions de zonage
UB1	Passage d'UBa à UB1 (31% d'UB1 analysé était UBa en surface)	- art 9 : augmentation du coefficient d'emprise au sol de + 10% - art 10 : passage d'une hauteur limitée à 9,5 m à 12,5 m - art 14 : COS maximal de 0,5 à aucun COS au PLU
	Passage d'UBb à UB1 (35% d'UB1 analysé était en UBb)	- art 9 : augmentation du coefficient d'emprise au sol de + 10% - art 10 : passage d'une hauteur maximale échelonnée de 9,5 m à 12,5 m jusqu'à 15,5m selon la taille des parcelles à une hauteur maximale fixée à 12,5 m - art 14 : COS maximal de 0,7 ou 0,8 selon la taille des parcelles à aucun COS au PLU
	Passage d'UBo à UB1 (14% d'UB1 analysé était en UBo)	- idem pour l'article 9 que pour UBb - art 10 : passage de 7m (pour habitat) à 12,5 m - art 14 : passage d'un COS de 0,3 à une suppression du COS
	Passage d'UCa à UB1 (9% d'UB1 analysé était en UCa)	- idem pour l'article 9 que pour UBo -idem pour l'art 10 que pour UBo -passage d'un COS de 0,3 ou 0,4 selon la taille de la parcelle à une suppression du COS

Tableau 9. Évolutions réglementaires du POS au PLU pour la zone UB1

Pour UB1, en analysant les principales règles qui conditionnent la densité bâtie, à savoir : les articles 9, 10 et 14⁸⁵, on peut conclure que pour chacun d'eux, la constructibilité a été augmentée, que ce soit pour les zones qui étaient déjà en UB (UBo, UBa, UBb) ou dans un type de zone UC du POS (UCa) à UB1 (voir le tableau 9). De plus, les règles d'implantation par rapport aux voies et emprises publiques (articles 6 et 7) sont quasiment inchangées. Le retrait sur voie exigé est le même (article 6) et la règle de discontinuité du bâti dans une bande de 17 m existe sur les deux périodes (article 7). L'évolution de l'ensemble des règles est donc cohérente avec l'augmentation de la densité bâtie en UB1.

Quatre unités de zonage d'UB1 ont été analysées plus finement (celles où il y avait un nombre suffisant de permis de construire). Trois d'entre elles ont une évolution positive. La première était auparavant classée en UBa et UCa (et son évolution est de +170%), la deuxième en UBb (évolution de +59%), et la troisième en UBo et UBa (évolution de +357%). L'unité de zonage qui voit une évolution négative (-19%) était classée en 3NAe (secteur en cours d'urbanisation). Cette ancienne zone permettait une hauteur moins élevée que l'actuelle UB1 (passage de 9,5 m à 12,5 m), et avait un COS limitant à 0,2 qui n'existe plus aujourd'hui. Pour ce secteur donc, uniquement, l'évolution de la densité moyenne des permis de construire ne correspond pas à la potentialité offerte au PLU.

⁸⁵ On ne reporte pas dans le tableau l'effet des règles 6 et 7 qui traitent de l'implantation du bâti sur la parcelle, et peuvent donc influencer la densité. Les résultats de l'analyse de ces règles figurent dans le texte.

	Évolutions de zonage	Évolutions des règles correspondant aux évolutions de zonage
UB2	Passage d'UBa à UB2 (12% d'UB2 analysée était UBa en surface)	- art 9 : augmentation du coefficient d'emprise au sol de + 10% - art 10 : passage d'une hauteur limitée à 9,5 m à 15,5 m - art 14 : COS maximal de 0,5 à aucun COS au PLU
	Passage d'UBb à UB2 (42% d'UB2 analysée était en UBb)	- art 9 : augmentation du coefficient d'emprise au sol de + 10% - art 10 : passage d'une hauteur maximale échelonnée de 9,5 m à 12,5 m jusqu'à 15,5 m selon la taille des parcelles à une hauteur max fixée à 12,5 m - art 14 : COS maximal de 0,7 ou 0,8 selon la taille des parcelles à aucun COS au PLU
	Passage d'UBs à UB2 (12% d'UB2 analysée était en UBs)	- idem pour l'article 9 que pour UBb - art 10 : diminution de la hauteur : passage de 34 m maximum à 15,5 m - art 14 : pas de COS ni au POS, ni au PLU
	Passage d'UCa à UB2 (12% d'UB2 analysée était en UCa)	- idem pour l'article 9 que pour UBb - art 10 : passage de 7 m (pour habitat) à 12,5 m - passage d'un COS de 0,3 ou 0,4 selon la taille de la parcelle à une suppression du COS

Tableau 10. Évolutions règlementaires du POS au PLU pour la zone UB2

En UB2, le potentiel de densification a globalement été augmenté, sauf pour l'ancienne zone UBs où la hauteur maximale a été diminuée, de 34 m pour UBs à 15,5 m pour UB2 (tableau 10). Cela n'a pas affecté la densification de la zone (+ 41% d'évolution du COS moyen des permis déposés). Les règles d'implantation (article 6 et 7) vont aussi dans le sens d'une densification possible : auparavant un retrait par rapport à la voie était obligatoire, ce qui n'est plus le cas en UB2 ; et la règle de discontinuité obligatoire dans une bande de profondeur de 17 m du POS a laissé place à une règle laissant la liberté sur l'implantation par rapport aux limites séparatives.

Enfin, pour les zones UB, on a vu au paragraphe 1.2 de ce chapitre qu'un quart des zones appartenant au type UB n'étaient pas dans ce type au moment du PLU. Il y a eu notamment des changements de zonage de secteurs du POS en zone UC (dédié à l'habitat individuel) vers des secteurs en zone UB au PLU. Cela a pu jouer aussi en faveur d'une densification du bâti observée sur les zones UB, entre les deux périodes.

	Évolutions de zonage	Évolutions des règles correspondant aux évolutions de zonage
UA3	Passage de 3UAa à UA3 (la presque totalité d'UA3 analysée était 3UAa en surface)	- art 9 : augmentation du coefficient d'emprise au sol de + 10% - art 10 : passage d'une hauteur maximale échelonnée de 12,5m jusqu'à 15,5m selon la taille des parcelles à une hauteur maximale fixée à 15,5 m. - art 14 : passage d'un COS échelonné de 1,2 à 1,5 à pas de COS

Tableau 11. Évolutions règlementaires du POS au PLU pour la zone UA3

De même qu'en UB1 et UB2, les portions d'UA3 analysées ont vu une augmentation de la constructibilité offerte (articles 9 ; 10 et 14) (voir le tableau 11). La philosophie de l'écriture des articles 6 et 7 est restée proche. Cependant, contrairement aux autres zones, la densité moyenne des permis a baissé en UA3. Il faut préciser que cela est dû à un permis particulièrement dense au POS (COS de 4,1) qui a augmenté la densité moyenne sur un petit échantillon de 12 entrées. Ce COS déposé est d'ailleurs supérieur à la règle de COS au moment du POS. Au PLU, la valeur de COS reste, malgré la diminution, élevée.

Limite de l'indicateur

La limite de cet indicateur est une limite commune à tous : les lotissements, qui ne sont pas soumis aux règles habituelles du PLU, n'ont pu être retirés des analyses. De plus, nous avons remarqué que certains permis sont déposés à la même adresse. Comme on l'a précisé au début, certains permis sont redondants (déposés, délivrés, puis le projet est abandonné et un autre permis est re-demandé) donc on a parfois plusieurs permis déposés au même endroit, mais on observe aussi que le COS est le plus souvent différent. Aussi, parfois, pour la même adresse le terrain d'emprise peut être divisé en lots. N'ayant pas la certitude qu'il s'agisse d'un cas ou d'un autre, on part du principe que l'on prend en compte le COS qui a été autorisé par la collectivité (le permis, avec les caractéristiques observées a été délivré), sans se soucier de la réalisation finale du projet.

2.3.3 Évolution de la densité en zone d'influence des transports en commun

Cet indicateur a pour but de mesurer l'évolution de la densité bâtie (densité moyenne par zonage) des permis déposés en zone d'influence des transports en commun. La méthode de calcul ressemble fort à celle de l'indicateur d'évolution de la densité présentée précédemment ; à deux différences : le territoire analysé correspond aux portions de zones comprises dans une zone d'influence des transports en commun, et on prend en compte cette fois-ci l'ensemble du zonage, c'est-à-dire que l'on n'exclut plus les secteurs soumis à des contraintes diverses ou à des secteurs d'urbanisme de projet et qui donc ont une influence sur les règles appliquées aux permis de construire. Le choix de prendre en compte l'ensemble du zonage est dû au fait qu'il existe, dans le PLU de Toulouse, des règles dérogatoires qui favoriseraient la densité le long des axes principaux et à proximité des transports en commun (tels que certaines dispositions des « documents graphiques du règlement »). Ainsi, les analyses des résultats de l'indicateur vont aussi permettre de conclure sur leur effet.

Dans le premier cas, la zone d'influence que nous avons définie est plus large que la zone d'influence en transport en commun « réglementaire » (voir l'indicateur relatif à la

couverture par la zone d'influence autour des transports en commun). En effet, pour cet indicateur, nous avons identifié une zone d'influence comprenant les transports en commun structurants, mais aussi les lignes de bus à fort cadencement. Nous pensons en effet que la densification doit être ciblée selon les axes de transport en commun définis au règlement, mais que l'enjeu peut s'étendre aux autres lignes structurantes.

Cette zone d'influence des transports en commun comprend ainsi :

- les lignes de bus (dont TCSP) en catégorie « ossature », dont la fréquence est inférieure à 10 minutes, et en catégorie « primaire » dont la fréquence est globalement comprise entre 10 et 15 minutes.
- les arrêts de métro des lignes A et B, la ligne de tramway T1
- les arrêts de gare ferroviaire sur Toulouse.

La zone d'influence est créée par la réalisation d'une zone tampon de 500 mètres autour de ces objets géographiques.

Les résultats obtenus sont les suivants (tableau 12) :

	UC1	UC2	UB1	UB2	UA3
COS moyen au POS	0,297	0,197	0,573	0,777	1,876
COS moyen au PLU	0,339	0,156	0,740	0,940	1,483
Taux d'évolution	+14 %	-21 %	+29 %	+21 %	-21 %

Tableau 12. Résultat de l'indicateur d'évolution de la densité en zone d'influence des transports en commun

Les parties de zones UA3 et UC2 comprises en ZI de TC n'ont pas vu leur COS évoluer positivement, alors que celles d'UB1, UB2 et UC1 ont une évolution positive. On fera remarquer que la densité en UA3 est plus forte au moment du POS qu'au PLU car au POS, sur le nombre d'entrées existantes, un permis a un COS de 4,1, augmentant la densité moyenne.

Pour UC2, il peut s'agir de l'effet du COS limitant égal à 0,2. Au final, on retrouve les mêmes types d'évolutions que ceux obtenus par les indicateurs de densité ; cela semble normal vu la couverture importante du territoire par la ZI élargie (voir l'indicateur correspondant au paragraphe 2.3.2).

Afin de voir si l'on observe une différence de densité entre les permis déposés en Zone d'influence et les permis déposés sur l'ensemble du territoire, on compare les COS moyens obtenus au POS et au PLU.

Le tableau ci-dessous (tableau 13) présente les résultats, au POS et au PLU, calculés en ZI de TC en prenant en compte les éventuelles contraintes, urbanisme opérationnel et dispositions dérogatoires, et les COS calculés précédemment pour l'ensemble des zones, mais cette fois-ci hors secteurs de contraintes ou de projets ou dérogatoires (cadre de la règle générale).

Zone	POS		PLU	
	COS calculé en ZI de TC, avec le zonage total	COS des zones (hors contraintes et opérationnel)	COS calculé en ZI de TC, avec le zonage total	COS des zones (hors contraintes et opérationnel)
UC1	0,297	0,283	0,339	0,385
UC2	0,197	0,21	0,156	0,15
UB1	0,573	0,47	0,74	0,727
UB2	0,777	0,74	0,940	1,05
UA3	1,876	1,681	1,483	1,41

Tableau 13. COS en zone d'influence des transports en commun, au POS et au PLU

Quelque soit la période, le COS des permis est globalement plus fort sur le secteur de la ZI de TC que sur l'ensemble des zones, dans le cadre des règles générales.

Ainsi, au POS, la densité est plus forte en UA3, UB2, UB1 et UC1. Un effet des règles dérogatoires en faveur de la densité est donc possible pour ces zones (un effet de densification spontanée peut évidemment aussi exister dans les secteurs compris dans la ZI, où il n'y a pas de dispositif réglementaire spécifique).

Au PLU, la densité des permis de construire déposés en ZI est plus forte en ZI de TC en UA3 et UB1 que sur l'ensemble du territoire (bien que pour UA3 et UC2, la densité dans la ZI de TC ainsi que pour l'ensemble du territoire a diminué entre le POS et le PLU). La densification plus forte en ZI au PLU n'est pas vérifiée pour UB2 et UC1.

2.3.4 Dispersion de la densité au regard de la densité maximale bâtie

2.3.4.1 Méthode et résultats

L'objectif de cet indicateur est d'apprécier la dispersion de tous les permis de construire déposés sur la période du PLU par rapport aux permis les plus denses, par type de parcelle. En d'autres termes, cet indicateur doit refléter la marge entre ce qui est construit de manière globale pour l'ensemble des permis et l'utilisation maximale observée de la constructibilité offerte. L'intérêt est de pouvoir apprécier si les règles sont adaptées à ce qui est bâti, et dans quelle mesure. On part ainsi du principe que si la dispersion entre les permis et le permis le plus dense est grande, la dispersion entre ces permis et la constructibilité offerte par les règles est forte elle aussi.

Cette dispersion par rapport à une valeur maximale est calculée par analogie à l'écart type relatif (ou coefficient de variation) (Dumolard *et al.*, 2003), qui permet de caractériser une dispersion par rapport à la moyenne (voir la figure 21). L'avantage de la dispersion relative (c'est-à-dire qui est divisée par la moyenne par exemple) est qu'elle peut être comparée. L'écart type relatif donne un résultat en pourcentages (appelons le X), qui signifie « l'écart type représente X% de la moyenne ». Par analogie, notre valeur de dispersion obtenue (Y) permettra de dire que « la dispersion des données analysées correspond à Y% de la valeur maximale identifiée ».

$$\frac{\sqrt{\frac{1}{N} * \sum (COS_i - COS_{moyen})^2}}{COS_{moyen}}$$

$$\frac{\sqrt{\frac{1}{N-1} * \sum (COS_i - COS_{max})^2}}{COS_{max}}$$

Avec N le nombre total de valeurs ⁸⁶

Figure 21. Analogie entre le calcul de l'écart type relatif (à gauche) et le calcul de dispersion par rapport à une valeur maximale, pour le COS

⁸⁶ On utilise la valeur (N-1) et non N dans notre calcul de dispersion par rapport à une valeur maximale, car $(COS_i - COS_{max})$ vaut 0 lorsque $COS_i = COS_{max}$. On réalise donc un calcul sur N-1 valeurs et non N. Dans le calcul de la dispersion par rapport à la moyenne, le COS_{moyen} n'est pas une valeur existante dans la plage de données.

La méthode de réalisation de l'indicateur, pour chaque zone, est la suivante :

- Pour les données « permis de construire » sur la période du PLU, recherche pour chaque zone et chaque type de parcelle le permis qui a le COS maximal,
- Calcul de la dispersion relative des permis par rapport à la valeur maximale, pour chaque type de parcelle (voir aussi la figure 22),
- Calcul de la « dispersion globale pondérée », c'est-à-dire qui est pondérée par le pourcentage de permis correspondant à chaque type de parcelle. Cela permet d'avoir un résultat de dispersion moyenne finale (en pourcentage) qui prend aussi en compte la représentativité de chaque type de parcelles. Le calcul est semblable à celui de l'indicateur de COS global et pondéré par les types de parcelles (voir le paragraphe 2.3.1).

Ainsi,

$$Disp_{relative\ globale} = \%_{petites\ parcelles} \times disp_{relative\ petites\ parcelles} + \%_{parcelles\ moyennes} \times disp_{relative\ parcelles\ moyennes} + \dots + \%_{très\ grandes\ parcelles} \times disp_{relative\ très\ grandes\ parcelles}$$

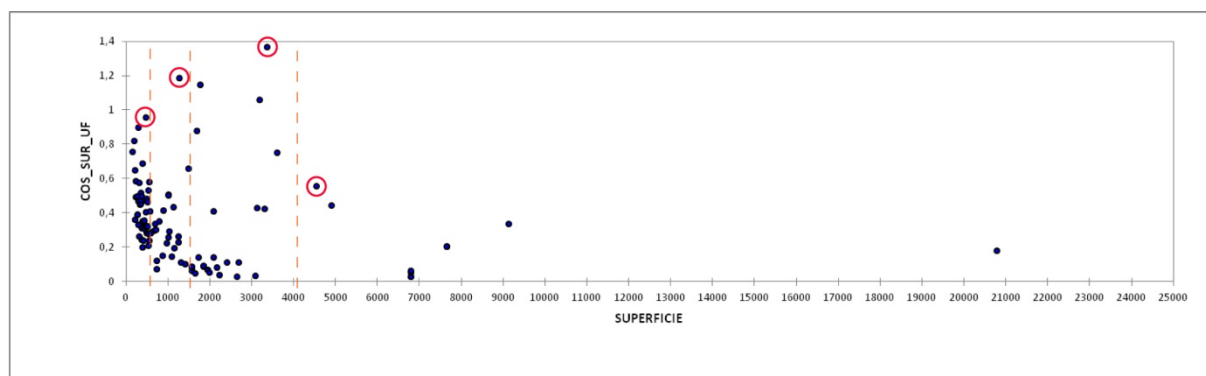


Figure 22. Exemple pour l'ensemble des permis de construire d'UC1 : COS en fonction de la taille des parcelles. Les traits verticaux représentent les limites de classes correspondant aux types de parcelles. En rouge, les COS maximaux

Les résultats obtenus pour les zones sont résumés dans le tableau 14, ci-dessous⁸⁷. Étant donné que pour les zones d'habitats individuels (notamment UC1), on a identifié un certain nombre de permis à destination d'habitat collectif, on présente ici, à la fois le résultat de la dispersion relative calculée sur l'ensemble des données, ainsi que sur les permis à destination d'habitat individuel uniquement.

⁸⁷ Les COS maximaux sont donnés à titre indicatif dans le tableau 14.

	UC1		UC1 individuel		UC2		UC2 individuel		UB1		UB2		UA3	
Dispersion relative globale	0,69		0,63		0,62		0,57		0,66		0,5		0,59	
Dispersion sur petites parcelles/COS max	0,58/ 0,958	47%	0,57/ 0,9	53%	0,62/ 0,61	18%	0,62/ 0,61	19%	0,63/ 1,012	24%	0,32/ 0,309	2%	0,65/ 3,477	54%
Dispersion sur parcelles moyennes /COS max	0,78/ 1,187	19%	0,56/ 0,5	20%	0,47/ 0,32	41%	0,47/ 0,32	43%	0,83/ 3,574	21%	0,64/ 2,496	23%	0,58/ 3,366	24%
Dispersion sur grandes parcelles/COS max	0,84/ 1,368	24%	0,79/ 0,43	21%	0,75/ 0,32	29%	0,67/ 0,18	26%	0,61/ 1,928	41%	0,33/ 1,834	44%	0,46/ 1,911	18%
Dispersion sur très grandes parcelles/COS max	0,74/ 0,556	9%	0,82/ 0,56	6%	0,84/ 0,226	12%	0,67/ 0,07	11%	0,64/ 1,884	15%	0,69/ 1,412	30%	0,49/ 1,74	4%

Tableau 14. Résultat de l'indicateur de dispersion des COS au regard des COS maximaux identifiés pour chaque zone

En zone UC1, la dispersion par rapport aux COS maximaux et pour l'ensemble des permis de construire est la plus forte obtenue de toutes les zones, ce qui signifie que globalement, il y a un écart entre la densité bâtie des permis et la densité bâtie maximale observée. Si on retire les permis à destination de collectif, la dispersion baisse un peu mais reste conséquente (elle baisse surtout pour les parcelles de taille moyenne, et reste élevée surtout pour les grandes et très grandes parcelles). On peut donc conclure que les permis à destination de collectif influencent la dispersion, et que, si l'on restreint l'analyse aux permis individuels, le COS moyen des permis est lui aussi assez éloigné des COS maximaux identifiés.

Pour UC2, si on prend la totalité des permis délivrés au PLU, y compris les 6% de permis collectifs, on voit que la dispersion est assez élevée, (0,62) (le maximum vaut 0,69 pour UC1). Si on retire de l'analyse les permis à destination de collectif, alors la dispersion baisse et se retrouve à 0,57. Ainsi, la dispersion sur l'ensemble des permis d'UC2 est assez élevée, et est moindre dès lors que l'on traite uniquement l'habitat individuel. Cela est particulièrement vrai pour les parcelles moyennes, les plus représentées où la dispersion est modérée (43% des permis sont sur parcelles moyennes et la dispersion est égale à 0,47). Ainsi, l'ensemble des constructions tendrait à se rapprocher de la densité maximale identifiée.

En UB1, la dispersion est forte par rapport aux valeurs maximales au regard des autres zones (2^{ème} position après UC1 qui obtient la valeur maximale de 0,69). Ce résultat est influencé par une opération très dense (COS = 3,574) pour le type de parcelle de taille moyenne (3625 m² de SHON, avec des logements collectifs, commerces et bureaux). Pour

les autres types de parcelles, la dispersion est aussi relativement élevée (toujours supérieure à 60%).

La zone UB2 d'habitats majoritairement collectifs obtient le résultat de dispersion par rapport aux COS maximaux le plus faible. En comparaison des autres zones, la densité des constructions d'UB2 est plus proche de la densité maximale observée pour la zone.

Pour la zone UA3 des faubourgs, la dispersion est moyenne, du même ordre que celle de la zone UC2, et bien inférieure à celle d'UC1. Ainsi, en UA3, la dispersion par rapport aux maximum est moyenne mais peut être vue comme relativement modérée au regard des autres zones. Cependant, si on regarde dans le détail des différents types de parcelles, on peut quand même dire qu'elle est assez élevée pour les petites et moyennes parcelles, et diminue pour les grandes et très grandes parcelles.

2.3.4.2 Impact de la variable taille des parcelles sur les résultats de dispersion

Étant donné que l'objectif de cet indicateur de dispersion est de voir le degré d'utilisation de l'enveloppe réglementaire, en utilisant le coefficient d'occupation des sols de chaque permis au regard du permis qui présente le COS maximal pour chaque type de parcelle, on désire avant tout quantifier une éventuelle influence de la taille des parcelles sur cette dispersion. On peut supposer intuitivement que dans l'ensemble, les COS maximaux se trouvent sur des petites parcelles tandis que les COS les plus faibles correspondent aux plus grandes parcelles. De ce fait, la dispersion au regard du COS maximum pourrait être plus forte pour les permis déposés sur les plus grandes parcelles. On peut aussi imaginer que ce phénomène peut être accentué selon les types de parcelles, étant donné que ces types ont des amplitudes variables.

En effet, les différents types de parcelles n'ont pas la même amplitude : les « petites parcelles » concernent des surfaces allant de 0 à 712 m² ; les moyennes concernent des parcelles allant de 712 à 1502 m² soit une amplitude de 790 m² comparable à la première classe ; les « grandes parcelles » concernent des parcelles de 1502 à 4053 m² soit une amplitude de 2551 m² soit une amplitude environ 3,5 fois supérieure aux deux premières classes et enfin les très grandes parcelles concernent des parcelles supérieures à 4053 m² avec une borne supérieure parfois très élevée selon la zone.

Si la variable *taille des parcelles* a une influence sur la dispersion, alors la comparaison des densités que nous avons faites, par zone et type de parcelle peut être biaisée.

Pour quantifier une éventuelle relation fonctionnelle linéaire⁸⁸ entre la dispersion et la taille des parcelles, on procède pour chaque zone et type de parcelle à une régression linéaire sur les données de COS des permis de construire, en fonction de la taille des parcelles. On regardera à chaque fois deux paramètres ; la pente de la droite de régression (degré et sens), et la valeur du R^2 , coefficient de détermination, qui caractérise la qualité de la régression (Dumolard *et al.*, 2003).

Plus le coefficient R^2 est proche de 1, plus l'ajustement du modèle (ici une fonction linéaire) aux données est bon. On cherche une modélisation linéaire telle que la dispersion par rapport au COS maximal soit fonction de la taille des parcelles. Si le R^2 est grand et la pente de la droite est positive, on peut conclure à une relation de dépendance entre la taille des parcelles et la dispersion des COS, telle que, si la taille des parcelles augmente, la dispersion augmente.

Dans un premier temps, on questionnera l'ensemble des permis déposés sur l'ensemble des zones analysées pour les différents types de parcelles (puisque le max est donné pour chaque type). Cela nous permettra d'avoir une première impression globale de la corrélation entre taille des parcelles et la dispersion des COS⁸⁹, quelque soit la zone analysée. Ensuite, l'analyse sera répétée pour chaque zone. C'est ce résultat par zone qui nous intéresse le plus étant donné que les indicateurs sont réalisés pour chaque zone ; ces analyses sur l'influence de la taille des parcelles permettront d'expliquer ou de nuancer le résultat de ces indicateurs.

Le graphique ci-dessous (figure 23) montre le résultat obtenu, à titre d'exemple, pour les permis de construire déposés sur toutes les zones, mais sur parcelles moyennes uniquement. Le COS maximum, pour l'ensemble des zones vaut 3,574. Pour ce type de parcelle, aucune relation de dépendance n'existe entre la dispersion et la taille des parcelles.

⁸⁸ L'interprétation visuelle de la forme générale des nuages de points obtenus tend à rechercher une modélisation affine ; parfois les nuages de points sont extrêmement dispersés, sans laisser pour autant penser à une autre modélisation possible particulière. On recherchera donc une relation linéaire entre les variables dans tous les cas.

⁸⁹ A partir de l'ensemble des permis, toutes zones comprises, on recherche la valeur maximale de COS pour chaque type de parcelle. On calcule ensuite la dispersion (en pourcentage) par rapport à cette valeur maximale pour chaque permis et chaque type de la manière suivante : $Disp_{permis} = \frac{\sqrt{(COS_{permis} - COS_{max})^2}}{COS_{max}}$

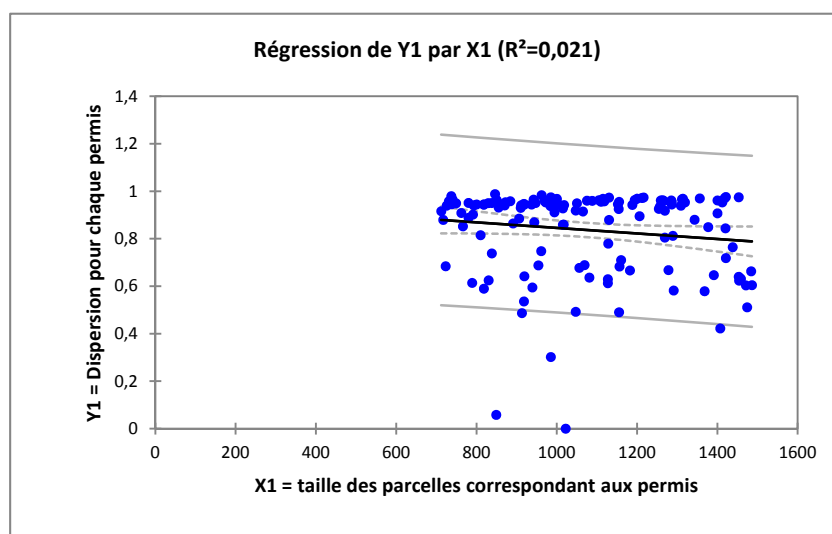


Figure 23. Ensemble des permis déposés sur parcelles moyennes : Dispersion en fonction de la surface, avec modélisation par régression linéaire

Toutes zones comprises, seules les petites parcelles semblent montrer une certaine relation positive, mais cette conclusion doit être nuancée, car le R^2 reste encore faible (14,6%).

Les analyses ayant été réalisées zones par zones, on peut relever que quelques résultats tendraient à montrer une certaine (bien que faible) relation entre dispersion et taille des parcelles (pente de droite positive et R^2 non négligeable), même si dans la plupart du temps, les R^2 restent faibles et ne permettent pas de conclure à une corrélation entre les variables. Pour ces résultats, on dira qu'on observe plus une tendance qu'une réelle dépendance entre les deux variables.

Les résultats concernent :

- la zone UB1, pour les petites parcelles ($R^2 = 21\%$)
- la zone UB2, pour les très grandes parcelles ($R^2=15\%$) due à 2 permis déposés sur des très grandes parcelles (17 000 et 24 000 m²) qui influencent le résultat. Néanmoins, après vérification, ces deux permis particuliers ont un effet négligeable sur le calcul de l'indicateur de dispersion pour la zone.
- la zone UC1, avec les permis à destination de collectif, pour les petites parcelles, ($R^2=25\%$) et sans les permis à destination de collectif, pour les petites parcelles ($R^2=26\%$) et les grandes parcelles ($R^2=12\%$).
- la zone UC2, pour les parcelles moyennes ($R^2=14\%$), grandes ($R^2=11\%$) et très grandes ($R^2=14\%$).

Un seul résultat est significatif, il concerne la zone UC1 sans les collectifs, et pour les très grandes parcelles où le R^2 vaut 99%. Néanmoins, cela concerne très peu de permis (5).

Les graphiques montrant la dispersion en fonction de la taille des parcelles ainsi que la modélisation de la droite issue de la régression linéaire sont reportés en annexe 5.

En conclusion, on peut affirmer que les variables « dispersion par rapport aux COS maximaux » et « taille des parcelles » ne sont pas dépendantes ; mis à part pour les permis d'UC1, sans les collectifs, mais cela ne concerne que très peu de données. Tout au plus, pour certaines zones et type de parcelle, on peut conclure à une tendance. Ainsi, l'indicateur de dispersion par rapport aux constructions maximales ne dépend pas de la taille des parcelles des permis de chaque classe.

Pour un type de parcelle donné, l'étude des densités et des dispersions (dans le but d'apprécier l'écart par rapport à une constructibilité) n'est donc pas biaisée par un éventuel effet de la taille des parcelles.

2.3.5 Opérations d'agrandissement de l'habitat sur la période du PLU

L'objectif de cet indicateur est de pouvoir quantifier le nombre d'opérations d'agrandissement du type surélévation et extension des constructions dans les zones analysées, qui participent à une augmentation relative de la densité bâtie sur les unités foncières. Un des objectifs est aussi de voir si les habitations individuelles des zones UC font l'objet de travaux d'agrandissement. La flexibilité de l'habitat individuel est un élément important pour les aspirants à la maison individuelle. « L'espace pavillonnaire permet une certaine appropriation par le groupe familial et par les individus de leurs conditions d'existence. Ils peuvent modifier, ajouter ou retrancher, superposer à ce qui leur est fourni ce qui vient d'eux » (Raymond *et al.*, 2001 p.16).

L'indicateur, pour chaque zone, renvoie le nombre d'opérations d'agrandissement (extension et surélévation) calculé par an et par kilomètre carré et qui ont fait l'objet d'un dépôt de permis de construire. Cela concerne une création de SHOB supérieure à 20 m². Cet indicateur ne prend donc pas en compte les plus petites opérations.

Cet indicateur, qui se base sur un comptage d'objet (ici les permis) sur une période (et non pas sur une moyenne comme d'autres) peut être très sensible à la durée sur laquelle s'effectue le comptage ainsi que la surface des objets géographiques. Si ici les surfaces analysées sont suffisantes pour la comparaison⁹⁰, en revanche, les différences de durées

⁹⁰ 9,207 km² pour UC1 ; 4,5 km² pour UC2 ; 10,2 km² pour UB1; 6 km² pour UB2 ; 4,7 km² pour UA3.

entre les phases du POS et du PLU (13,5 mois et 46 mois) peuvent impacter le nombre de permis déposés sur cette durée et donc le résultat final. En effet, on n'avait quasiment aucune donnée de permis déposés sur la période du POS. Face à cela, l'indicateur ne prend en compte ici que la période du PLU, ce qui permet tout de même de comparer les zones entre elles sous le règlement du PLU. Le tableau ci-dessous (tableau 15) résume les résultats.

	UC1	UC2	UB1	UB2	UA3
Nombre d'opérations/an/ km ² au PLU	0,198	0,057	0,153	0,044	0,280

Tableau 15. Résultat de l'indicateur d'opérations d'agrandissement de l'habitat

Les opérations d'agrandissement dépendent d'abord d'un besoin pour l'habitant de faire évoluer son logement, et aussi, de la possibilité financière de réaliser ces travaux. L'effet des règles d'urbanisme n'arrive qu'après. Le « besoin » est un élément déterminant car il ne se manifeste évidemment pas aussitôt après la livraison de la construction. La volonté de faire évoluer l'habitat n'apparaissant qu'après un certain temps, cela peut aussi expliquer pourquoi au moment du POS on n'observe aucune opération d'agrandissement du bâti, ce besoin n'apparaissant que quelques années plus tard au moment du PLU (hypothèse s'ajoutant au fait que la faible durée correspondant aux données de PC au moment du POS limite le nombre de permis de construire possibles). Malgré tout, on observe dans un premier temps que pour l'ensemble des zones, les valeurs obtenues sur la période du PLU ne sont pas élevées.

Par la suite, les règles d'urbanisme peuvent contraindre cette volonté d'agrandissement. Si l'on observe quelques opérations en zone UC1, pour la zone d'habitat individuel type pavillonnaire UC2, les surélévations sont limitées par la règle de hauteur (qui autorise 7 mètres maximum et un étage), et par le COS fixé à 0,2 en UC2.

Pour les extensions, le COS en UC2 est aussi contraignant, ainsi que les règles d'implantation qui peuvent aussi avoir un effet (article 6, 7, et 9). Cependant, tout dépend des caractéristiques du projet initial notamment la taille de la parcelle et l'emprise initiale du projet.

La zone UA3 est celle qui obtient le résultat le plus élevé. Cela est cohérent à la fois avec les caractéristiques de la zone et l'évolution des règles d'urbanisme. La zone correspondant aux faubourgs est hétérogène du point de vue morphologie bâtie. D'après le document « 1.C Les choix du PADD. La traduction réglementaire » du rapport de présentation du PLU en vigueur précise pour la zone UA3 les formes bâties existantes :

« Le centre du faubourg, centré sur l'axe principal, est marqué par la continuité et l'alignement d'immeubles anciens souvent de modestes proportions et implantés sur des parcelles étroites qui voient avec quelques constructions plus élevées [...]. (On y trouve) une grande diversité de constructions : toulousaines traditionnelles, pavillons avec pignon en façade et parfois grosses villas de caractère [...]. Quelques immeubles collectifs anciens et de petites copropriétés plus récentes sont disséminés dans ce tissu faubourien. »

Ainsi, le tissu urbain constitué de la zone UA3 est hétérogène du point de vue des hauteurs (entre pavillon (R+1) et immeuble collectif plus élevés). La limite réglementaire de hauteur étant fixée à 15,5 m au PLU, on peut penser que cela laisse une certaine marge de manœuvre pour les surélévations de l'habitat individuel. De plus, les évolutions réglementaires entre le POS et le PLU ont été dans le sens de l'augmentation de ce potentiel d'agrandissement.

En effet, au POS, la hauteur maximale réglementaire était échelonnée entre 12,5 m et 15,5 m, selon la taille des parcelles. Au PLU, cette hauteur est passée à 15,5 m partout, ce qui augmente le potentiel. De plus, un COS au POS existait pour cette zone, échelonné de 1,2 à 1,5 selon la taille des parcelles. Il a été supprimé au PLU, ce qui a pu permettre de créer certaines extensions et surélévations par la suite.

En UB1, les évolutions réglementaires et la morphologie bâtie auraient pu permettre un résultat semblable à UA3. Au PLU, on observe quelques opérations, mais dans des proportions moindres qu'en UA3.

Pour l'ensemble des zones, la zone UB2, est celle où il y a le moins d'opérations d'agrandissement. Cela peut s'expliquer par le caractère de la zone (immeubles collectifs) qui ne favorise pas ce genre d'évolutions, à priori.

2.4 Réalisation des indicateurs relatifs aux espaces libres

2.4.1 Traitement préalable des données et incertitudes liées aux données

Les données permis de construire ne comprennent pas de champ relatif à la surface bâtie au sol qui doit nous servir pour calculer la proportion de surface non bâtie sur la parcelle ; En effet, nous avons comme champs renseignés dans les permis de construire : la surface du terrain, la SHON totale bâtie sur la parcelle. Un travail préliminaire a donc été réalisé à partir des deux bases de données cadastrales : cadastre parcellaire et cadastre bâti. Le détail des traitements préalables figure en annexe 6. Néanmoins, on observe une perte de données, car la proportion d'espaces non bâtis n'a pu être renseignée pour l'ensemble des permis de construire disponibles. Cette perte de données est due à plusieurs facteurs :

- les permis « délivrés » ne sont pas forcément « réalisés », on ne les retrouve donc pas dans le fichier du cadastre bâti,
- le cadastre n'est pas forcément à jour,
- certains permis sont déposés sur plusieurs parcelles, or les références cadastrales ne sont pas toujours complètement renseignées dans les données permis dont nous disposons.

Afin de voir si les résultats pour les permis déposés pour chaque zone sont cohérents avec le tissu urbain de chacune, on procèdera à une comparaison entre les espaces non bâtis calculés à partir du cadastre et ceux qui sont calculés pour les permis. L'objectif sera ainsi de voir si on retrouve une cohérence en termes d'ordre de grandeur entre ces résultats, qui montrerait qu'une analyse sur un nombre restreint de permis ne donne pas des résultats aberrants. Néanmoins, on fait remarquer qu'une analyse des permis, aussi nombreux soient-ils, ne doit pas être confondue avec une analyse globale du tissu urbain car les permis ne reflètent pas l'ensemble du tissu urbain, parfois très ancien et soumis à d'autres règles (ou alors, à une absence de règles).

Cette comparaison sera présentée au paragraphe 2.4.3.2, suite à la présentation des résultats des deux premiers indicateurs. Pour l'indicateur de dispersion, une comparaison avec le cadastre sera aussi réalisée.

Au début, pour l'ensemble des zones que nous analysons, nous avons : 153 PC au POS et 570 PC au PLU. Suite aux différents traitements, on obtient finalement : 89 PC au POS (58% des PC dans les zones disponibles pour les analyses), et 218 PC au PLU (38% des permis disponibles). Le détail du nombre de permis présents initialement et après traitement ainsi

que le pourcentage que les données restantes est rapporté dans le tableau ci-dessous (tableau 16). On voit que pour la période du POS, le nombre de données disponibles par rapport au nombre total de données est plutôt satisfaisant, ce qui n'est pas le cas sur la période du PLU, pour certaines zones (UC2, UB1 et UB2). Cependant, le nombre de permis disponibles pour chaque zone est suffisant pour calculer des indicateurs du type « moyennes », représentatifs. Leur cohérence, en termes d'ordre de grandeur sera d'ailleurs vérifiée par une analyse des résultats obtenus avec le cadastre.

Ainsi, la limite principale des indicateurs relatifs aux espaces libres concerne le nombre de données permis disponibles pour les analyses, qui impacte sûrement la précision des résultats. Cependant, la vérification des ordres de grandeur des résultats grâce au cadastre (paragraphe 2.4.3.2), et l'analyse des résultats de chaque indicateur n'ont pas montré de résultats aberrants, connaissant les caractéristiques des tissus urbains et les règles d'urbanisme. Cette limite pourrait être dépassée grâce à une plus grande précision lors de la création et standardisation des données permis de construire.

	POS			PLU		
	Nombre de PC avant traitement	Nombre de PC après traitement	Pourcentage des PC analysés	Nombre de PC avant traitement	Nombre de PC après traitement	Pourcentage des PC analysés
UC1	23	12	52%	138	63	46%
UC2	70	40	57%	128	37	29%
UB1	41	25	61%	172	59	34%
UB2	7	7	100%	52	12	23%
UA3	12	5	42%	80	47	59%

Tableau 16. Résultats des traitements des données préalables à la réalisation des indicateurs relatifs aux espaces libres

2.4.2 Proportion d'espaces non bâtis à la parcelle, sur la période du PLU

Les espaces non bâtis font l'objet d'un indicateur appelé « Coefficient d'Emprise au Sol Libre » (CESL). Ce coefficient est calculé de la manière suivante :

$$\text{CESL} = \frac{\text{surface non bâtie au sol}}{\text{surface de la parcelle}}$$

Et le CESL est tel que :

$$\text{CESL} + \text{CES} = 1$$

Avec CES le Coefficient d'Emprise au Sol

La méthode de réalisation de cet indicateur est semblable à celle de la densité bâtie :

- Calcul du CESL pour chaque permis de construire,
- Pour chaque zone, et chaque type de parcelle, calcul du CESL moyen,
- Calcul d'un CESL global par zone, qui pondère les CESL calculés précédemment par le pourcentage correspondant à la représentation de chaque type de parcelle.

Le tableau suivant présente pour chaque zone les CESL calculés par type de parcelle, puis le CESL global (tableau 17).

	UC1		UC2		UB1		UB2		UA3	
CESL global au PLU	0,69		0,80		0,68		0,70		0,42	
CESL petites parcelles	0,67	75%	0,74	21%	0,64	42%	0,71	33%	0,40	79%
CESL parcelles moyennes	0,78	22%	0,81	61%	0,76	24%	0,80	25%	0,47	15%
CESL grandes parcelles	0,54	3%	0,87	18%	0,66	27%	0,63	42%	0,68	4%
CESL très grandes parcelles	-	0%	-	0%	0,67	7%	-	0%	0,42	2%

Tableau 17. Résultat de l'indicateur de CESL au PLU

On observe en premier lieu que la zone d'habitat pavillonnaire a un très fort taux d'espaces non bâtis, ce qui semble logique vu le caractère de la zone (pavillonnaire avec un COS de 0,15 calculé au PLU). La zone UC1 d'habitat individuel, UB1 d'habitat mixte et UB2 d'habitat majoritairement collectif ont un taux similaire. La zone UA3 correspondant aux faubourgs, dans le centre de Toulouse a le taux d'espaces libres privés le plus faible. Cet indicateur montre la proportion d'espaces non bâtis privés, et on verra qu'il est intéressant de le

comparer à l'indicateur qui montre la proportion surfacique de chaque zone couverte par des espaces verts publics. En effet, on verra qu'une faible proportion d'espaces libres privés (et donc, par conséquence, d'espaces verts privés ou du moins aménagés) peut être « compensée » par une plus grande proportion d'espaces verts publics.

2.4.3 Évolution des espaces non bâtis privés

2.4.3.1 Résultats de l'indicateur

Cet indicateur est semblable à l'indicateur relatif à l'évolution de la densité bâtie. À partir du CESL global calculé pour chaque zone sur la période du PLU, puis du POS, un taux d'évolution est calculé. Les résultats sont présentés dans le tableau 18.

	UC1	UC2	UB1	UB2	UA3
CESL global au PLU	0,690	0,804	0,676	0,700	0,422
CESL global au POS	0,749	0,835	0,687	0,748	0,316
Évolution du POS au PLU	-7,9%	-3,7%	-1,6%	-6,4%	+33,5%

Tableau 18. Résultat de l'indicateur d'évolution du CESL du POS au PLU

Pour les zonages UC1 et UC2, on observe une évolution négative faible.

Il est intéressant de voir que le CESL moyen pour UC1 et UC2 est assez élevé par rapport à la règle du PLU (article 9) qui demande au maximum que 50% de l'emprise de la parcelle soit bâtie. La zone pavillonnaire UC2 a d'ailleurs un taux d'espaces non bâtis très élevé (plus de 0,8 au PLU).

En UB1, l'indicateur montre qu'il y a une évolution faible et négative du CESL (-1,6%), négligeable. De plus, l'objectif réglementaire est dépassé largement au PLU ainsi qu'au POS. En effet, le CESL moyen au POS est égal à 0,687, ce qui est au dessus de la règle générale du POS (l'article 9 fixe à 60% la proportion d'espace non bâtis à la parcelle), et au PLU, le CESL passe à 0,676 (la règle générale de l'article 9 pour UB1 au PLU impose une proportion d'espaces non bâtis de 50%). L'évolution du CESL en UB1 peut donc être considérée comme favorable.

En UB2, le CESL était déjà élevé au POS (0,748), et a légèrement évolué négativement au PLU (0,7), les taux calculés sont supérieurs aux taux règlementaires. Ce taux d'espaces non bâtis est en adéquation avec la morphologie bâtie propre à cette zone : c'est une zone d'habitat collectif, où la densité bâtie est aussi favorisée par la hauteur, ce qui permet de libérer l'espace au sol.

En UA3, le CESL évolue fortement entre le POS et le PLU.

De plus, on voit que sur les versions successives du PLU, la règle d'emprise a évolué (article 9), mais dans les deux sens. D'une part, elle limite un peu plus l'emprise bâtie autorisée et donc favorise plus d'espaces non bâtis, et d'autre part, elle donne une emprise supplémentaire pour les stationnements et les locaux techniques et de stockage. Pour la limitation de l'emprise au sol bâtie, on observe, en effet, que sur la première version du PLU, la règle d'emprise au sol autorisée maximale était égale à 60% et pour les parcelles inférieures à 200 m², 120 m² d'emprise au sol bâti étaient autorisés. À la version 3^{ème} modification du 21/12/2007, cette règle a été abaissée à 50% pour les grandes parcelles, et pour les parcelles inférieures à 200 m², l'emprise maximale autorisée est passée à 100 m² (ce qui fait un CES qui peut être égal à 1 sur une parcelle de 100 m² pour cet article seul, mais ce taux est en réalité contraint par l'article 13 qui exige une superficie de la parcelle aménagée en pleine terre). Ainsi, outre la disposition concernant les locaux techniques et de stockage, on remarque que l'idée générale de l'évolution règlementaire sur les versions successives du PLU est allée en faveur d'une augmentation des espaces non bâtis privés.

Ainsi, pour UA3, l'évolution du CESL entre POS et PLU est positive, mais le CESL au PLU reste tout juste en dessous de la dernière règle de l'article 9 analysée au moment de la création de cet indicateur, notamment pour les parcelles moyennes et très grandes (on a calculé 0,47 et 0,42). En effet, La règle exige 50% d'espaces non bâtis à la parcelle pour les parcelles de plus de 200 m² au PLU⁹¹.

On rappelle cependant que la période du PLU correspondant à la période d'analyse des permis de construire couvre différentes versions de l'article 9 qui permettait, avant la version 3^{ème} modification, plus d'emprise au sol bâtie (60% maximum, comme on l'a déjà vu, puis 50%, pour les parcelles de plus de 200 m²).

On notera donc l'évolution positive du CESL entre le POS et le PLU, cependant, pour cette zone, il faut être vigilant quant à continuer à conserver une proportion suffisante de ces espaces.

Du point de vue de l'analyse règlementaire, si l'article 9 garantit une quantité d'espace non bâti suffisant, en revanche, il ne garantit absolument pas de sa qualité, qu'elle soit

⁹¹ Et pour les petites parcelles, la règle du PLU autorise pour les parcelles inférieures à 200m² une emprise jusqu'à 100 m².

esthétique (composition de ces espaces non bâti, notion de traitement paysager...) ou environnementale. En effet, l'article 9 ne précise pas le type d'espace à savoir s'il peut être aménagé en parking, ou s'il doit être en pleine terre, aménagé en jardin, sur dalle dans une proportion raisonnable... or ce sont ces critères, qui vont garantir de la perméabilisation des sols et de la faculté à accueillir de la biodiversité (faune et surtout flore). Ces critères sont précisés à l'article 13 des PLU.

Ainsi, la réalisation de l'indicateur en se basant sur les permis de construire et les références cadastrales, permet uniquement d'apprécier les critères de morphologie du bâti sur les unités foncières par rapport à l'article 9. Une analyse sur photo aérienne puis étude de terrain permettrait d'approfondir l'analyse et d'avoir un aperçu de ce que permet l'article 13.

Enfin, les règles d'implantation en UC2 (Article 6 et 7) créent une forme « en pavillon », c'est-à-dire une implantation du bâti en milieu du « jardin ». Or, on peut se demander si cette forme est réellement la meilleure du point de vue de l'usage du jardin : une cour adossée aux limites de parcelle pourrait garantir plus d'intimité et permettre un réel usage de l'espace vert privatif (voir les 2 schémas ci-dessus, figure 24).

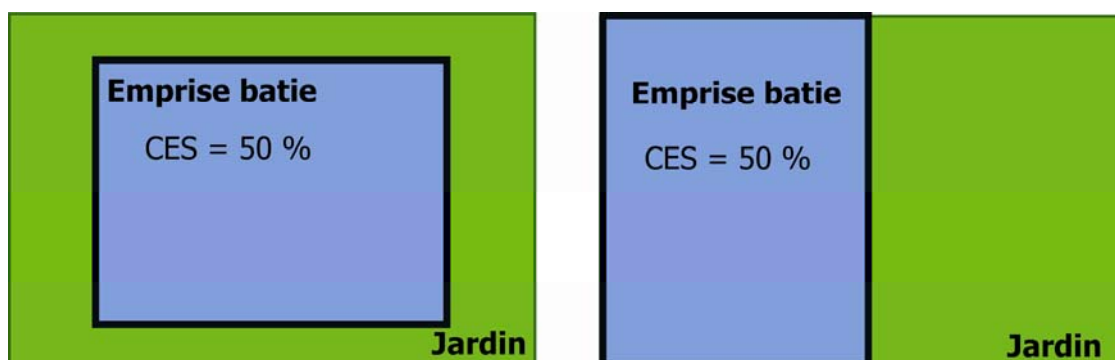


Figure 24. Schémas de disposition du bâti et du « jardin ».

D'après (AULAB, 2011 p.7)

2.4.3.2 Cohérence des résultats

Cet indicateur traite un nombre restreint de permis, faute de données exploitables suffisantes. Ce tableau (tableau 19) confronte les résultats obtenus avec les permis de construire analysés et un calcul réalisé directement à partir du cadastre. L'objectif étant de voir si les ordres de grandeur sont conservés.

Zone	CESL de l'ensemble des parcelles de la zone (cadastre)	CESL des PC déposés au PLU	CESL des PC déposés au POS
UA3	0,448	0,422	0,316
UB1	0,647	0,676	0,687
UB2	0,665	0,7	0,748
UC1	0,681	0,69	0,749
UC2	0,772	0,804	0,836

Tableau 19. Confrontation des résultats de CESL calculés à partir des permis de construire et du cadastre

On note une ressemblance entre les résultats : UA3 est toujours la zone où le CESL est le plus petit, UC2 le plus grand. Au PLU, les ordres de grandeurs entre les résultats obtenus à partir des permis et ceux obtenus à partir des parcelles du cadastre sont comparables, pour toutes les zones.

Cette comparaison permet de confirmer les tendances observées grâce aux indicateurs, malgré le manque de données disponibles et donc, très certainement de précision dans les résultats, comme on l'a vu au paragraphe 2.4.1. Les résultats des indicateurs semblent, par ailleurs, cohérents avec les caractéristiques des tissus urbains et les règles d'urbanisme.

2.4.4 Dispersion de la proportion d'espaces non bâtis au regard du permis ayant le résultat maximal

L'indicateur est semblable à l'indicateur de densité au regard de la densité maximale, sauf que le CESL remplace le COS. On rappelle donc, que, pour chaque zone et chaque type de parcelle, le permis de construire qui présente le CESL le plus élevé est identifié, puis une dispersion relative par rapport à ces valeurs est calculée. Enfin, pour chaque zone, une dispersion relative globale pondérée par le pourcentage de chaque type de parcelle correspondant aux permis délivrés est calculée.

Ainsi, de la même manière que pour l'autre indicateur, l'objectif est de pouvoir apprécier la dispersion du CESL de tous les permis de construire au regard du permis qui présente le

CESL le plus élevé. Cela nous donnera une idée de l'écart global des permis par rapport aux permis présentant le plus fort taux d'espaces libres sur la parcelle.

	UC1		UC2		UB1		UB2		UA3	
Dispersion relative globale	0,23		0,13		0,30		0,24		0,52	
Dispersion sur petites parcelles/CESL max	0,25/ 0,83	75%	0,15/ 0,83	21%	0,34/ 0,874	42%	0,28/ 0,871	33%	0,54/ 0,753	79%
Dispersion sur parcelles moyennes /CESL max	0,18/ 0,91	22%	0,14/ 0,92	61%	0,2/ 0,9	24%	0,09/ 0,853	25%	0,58/ 0,893	15%
Dispersion sur grandes parcelles/CESL max	0,19/ 0,6	3%	0,09/ 0,92	18%	0,32/ 0,919	27%	0,29/ 0,814	42%	0,13/ 0,723	4%
Dispersion sur très grandes parcelles/CESL max	-	0%	-	0%	0,34/ 0,835	7%	-	0%	-	2% (mais une seule donnée)

Tableau 20. Résultat de l'indicateur de dispersion du CESL au regard des permis qui présentent le CESL le plus élevé, par zone

On observe que globalement, les résultats de dispersion sont faibles (voir le tableau 20). Le classement est le suivant : UA3 (0,52) ; UB1 (0,3), UB2 (0,24), UC1 (0,23) et UC2 (0,13). Ainsi, dans l'ensemble, les permis sont proches des permis qui ont le taux d'espaces libres le plus élevé, pour chaque zone.

De la même manière que pour les autres indicateurs relevant de l'enjeu des espaces libres, étant donné que l'on travaille sur un nombre restreint de permis de construire (faute de données disponibles), on compare les dispersions obtenues grâce aux permis avec les dispersions calculées sur l'ensemble du cadastre, afin de voir si les ordres de grandeur sont comparables.

Avec le cadastre, les résultats sont les suivants : UA3 : 0,59 ; UB2 : 0,4 ; UB1 : 0,39 ; UC1 : 0,35 ; UC2 : 0,25. Le classement des zones selon les dispersions calculées est le même, sauf pour UB1 et UB2 qui sont intervertis. Aussi, le cadastre donne des résultats de dispersion supérieurs, certainement dû au fait que le cadastre correspond à des constructions réalisées à des époques très différentes, qui sont donc hétérogènes.

En UC1, UB2 et encore plus UC2, la dispersion est faible. Pour la zone pavillonnaire UC2, ce résultat est d'ailleurs confirmé par l'analyse de l'ensemble du cadastre de la zone qui donne le résultat le plus faible : 0,25.

On conclura donc pour UC2 que, pour cette zone où les espaces non bâtis privés sont en proportion élevée, il semble que la morphologie des espaces non bâtis à la parcelle soit assez homogène au regard du maximum identifié.

En UB2 ; la dispersion des permis analysés est beaucoup plus faible que celle calculée avec le cadastre, très certainement pour les raisons invoquées plus haut.

En UB1, la dispersion est relativement faible entre les permis qui ont une aération la plus forte et l'ensemble des permis déposés au PLU. Cependant, au regard des autres zones, UB1 se classe en deuxième position, après UA3 qui obtient la dispersion maximale égale à 0,52.

Le point de discussion important pour cet indicateur est lié à la taille des parcelles que nous analysons. On traite ici de l'emprise non bâtie de la parcelle, et surtout de ses valeurs maximales. Pour les petites parcelles (inférieures à 712 m²), on peut concevoir qu'il est possible d'optimiser le taux d'espaces non bâtis, en limitant l'emprise au sol bâtie, par exemple en permettant une augmentation de la densité bâtie par la hauteur, (c'est-à-dire prévoir R+2 pour les zones d'habitats individuels au lieu de R+1 par exemple). En revanche, cette question d'optimisation semble plus complexe pour les zones d'habitats individuels et les moyennes et grandes unités foncières (supérieures à 712 m²), où la question de la préservation du foncier, dans une logique de limitation de la consommation d'espaces, peut se poser. En effet, les zones UC sont des zones d'habitat individuel, et donc il faut garder en tête que l'on aura sur la parcelle une et une seule maison dans la majorité des cas, avec un taux d'espaces libres élevé. Si l'objectif est de limiter la consommation foncière, pour des grandes parcelles, il faut une emprise au sol bâtie assez considérable, et concrètement cela semble difficile à mettre en place.

Ainsi, pour les grandes parcelles, seule une augmentation de la constructibilité réglementaire, ou mieux, une division parcellaire pourrait concrètement favoriser l'optimisation de l'utilisation du foncier.

2.5 Réalisations des indicateurs relatifs aux aménités des zones

On rappelle que les indicateurs relatifs aux aménités ont tous l'objectif de calculer, pour chaque zone, et pour chaque sous objet géographique de zone (les unités de zonage), un taux de couverture par l'aménité elle-même ou une zone d'influence. Le but est d'apprécier si les zones, et plus localement, les unités de zonage, sont bien équipées.

2.5.1 Proportion surfacique de chaque zone en zone d'influence d'une école ou d'un établissement d'accueil de la petite enfance

Nous avons pris les données du Grand Toulouse référencant les établissements scolaires maternelles et primaires, ainsi que les établissements d'accueil pour la petite enfance. Il y a au total : 197 écoles primaires et maternelles et 146 établissements d'accueil de la petite enfance sur le territoire communal.

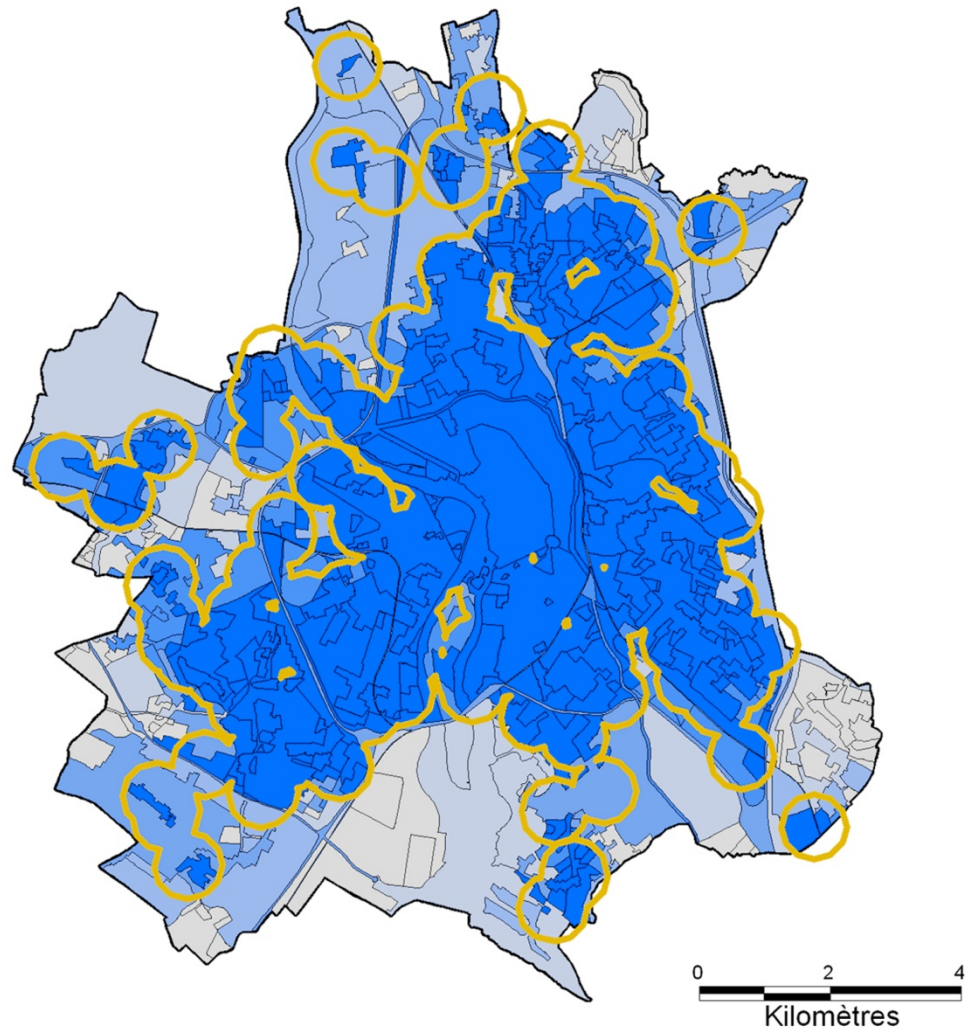
A partir de ces données, on calcule pour chaque zone du PLU et chaque unité de zonage la proportion surfacique de la zone et de chaque unité qui est à moins de 500 mètres d'un équipement scolaire.

Pour Natalia Saulnier (Saulnier, 2006), les établissements scolaires impliquent des déplacements quotidiens, compris entre 100 et 300 mètres (Saulnier, 2006 citant Didier et Troche, 2001). Nous avons décidé d'étendre cette distance à 500 mètres, qui reste une distance raisonnable, correspondant à environ 10 minutes de marche.

L'intérêt de cet indicateur, de même que l'ensemble des indicateurs relatifs aux aménités, n'est pas tant d'apprécier le type d'outils règlementaires favorisant la répartition de l'aménité dans chacune des zones ainsi que la manière dont ils sont utilisés (pour les différents outils règlementaires disponibles, voir la définition des enjeux relatifs aux aménités au chapitre 1 de la partie 3), mais plutôt de caractériser les zones et unités de zonage règlementaire en fonction de leur degré d'équipement par ces différents équipements et aménités. L'ensemble du territoire communal est analysé.

La carte ci-dessous (figure 25) montre le taux de couverture de chaque unité de zonage (chaque objet géographique) par la zone d'influence. Les résultats globaux pour chaque zone permettent de les comparer (tableau 21).

Couverture des unités de zonage du PLU par la zone d'influence autour des équipements scolaires : écoles maternelles , primaires, et accueil de la petite enfance



Zone d'influence autour des équipements scolaires



Proportion des unités de zonages couvertes par la zone d'influence, en pourcentages et nombre d'unités de zonage concernées

■	80-100	(288)
■	60-80	(39)
■	40-60	(24)
■	20-40	(34)
■	1-20	(38)
■	0-1	(81)

A.Prévost (réalisé en mai 2012)
Source : zonage du PLU (3ème modification, approuvé en décembre 2007)
équipements: données CUGT 2011

Figure 25. Cartographie de la proportion de couverture des unités de zonage par la zone d'influence autour des équipements scolaires

Zone	Rappel de la vocation de la zone	Proportion surfacique couverte par la zone d'influence autour de l'aménité
UA1	Hypercentre – secteur sauvegardé	100%
UA2	Centre ville, périphérie d'UA1	100%
UA3	Faubourgs	98%
UA4	Les 8 noyaux villageois, en périphérie	96%
UB1	Habitat diversifié et mixité sociale et fonctionnelle	78%
UB2	Habitat collectif	93%
UC1	Habitat pavillonnaire ou en bande	86%
UC2	Habitat pavillonnaire discontinu	50%
UE1	Activités économiques	31%
UE2	Activités économiques essentiellement tertiaire	48%
UE3	Activités aéronautiques et aéroportuaires	5%
UP	Grands équipements : hopitaux, universités, ...	46%

Tableau 21. Résultat de l'indicateur montrant la proportion surfacique de chaque zone en zone d'influence d'une école ou d'un établissement d'accueil de la petite enfance

Toutes les zones d'accueil de l'habitat sont très bien couvertes par la zone d'influence définie hormis la zone pavillonnaire UC2 qui obtient le plus faible résultat, car « seulement » 50% de la zone est couverte par la zone d'influence autour des équipements étudiés. Les zones UE1, UE2, et UE3 (à vocation économiques) obtiennent un résultat plus faible, mais cela n'est pas choquant vu le caractère de ces zones, notamment pour UE3 dédiée aux aéroports, couverte uniquement à hauteur de 5%. La zone UP obtient des résultats similaires à la zone UE2.

2.5.2 Proportion surfacique de chaque zone comprise dans la zone d'influence des transports en commun

L'indicateur consiste à calculer, par zonage et par unité de zonage, la proportion surfacique qui est comprise dans une zone d'influence des transports en commun. Cet indicateur est en fait réalisé deux fois.

Le premier traite d'une zone d'influence intégrant les lignes structurantes de métro, bus, train et tramway structurantes. Il s'agit de la même zone d'influence que celle utilisée pour le calcul de la densification du bâti en zone d'influence des transports en commun. Ce premier indicateur nous sert à qualifier le degré de desserte de chaque zone et les résultats obtenus

sont utilisés dans l'agrégation par Analyse en Composante Principale et dans l'analyse multicritère.

Le second utilise la zone d'influence « réglementaire » inscrite au PLU, à laquelle s'ajoutent les lignes de transports projetées. La zone d'influence réglementaire et des lignes projetées ont été utilisées dans le cadre des études pour la révision du PLU afin d'ajuster les densités réglementaires autorisées (constructibilités) au regard de la desserte par les transports en commun. Ainsi, les résultats de ce second indicateur sont utilisés dans le cadre de l'évaluation multicritère ex-ante, qui permet de voir si les nouveaux choix de densités sont cohérents avec la zone d'influence des TC réglementaire, mais aussi les commerces, l'accès aux EV...

2.5.2.1 Première zone d'influence des TC

Dans le premier cas, la zone d'influence que nous avons définie est plus large que la zone d'influence en transport en commun « réglementaire ». En effet ici, pour l'indicateur, nous avons identifié une zone d'influence qui comprend les transports en commun structurants, dont les lignes de bus à fort cadencement. Nous pensons en effet que la densification doit être ciblée selon les axes de transport en commun définis au règlement, mais que l'enjeu peut s'étendre aux autres lignes structurantes.

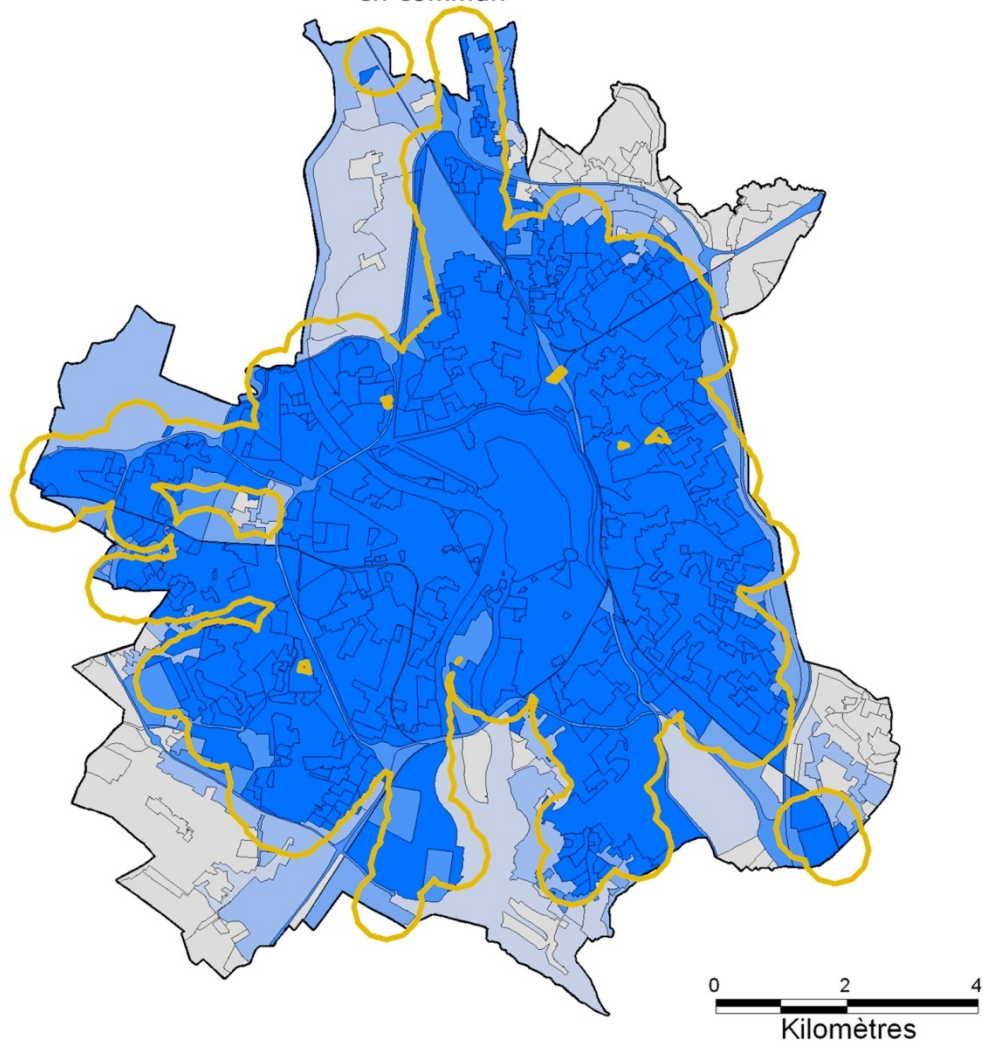
On rappelle que cette zone d'influence des transports en commun comprend :

- les lignes de bus (dont TCSP) en catégorie « ossature », dont la fréquence est inférieure à 10 minutes, et en catégorie « primaire » dont la fréquence est globalement comprise entre 10 et 15 minutes.
- les arrêts de métro des lignes A et B, la ligne de tramway T1
- les arrêts de gare ferroviaire sur Toulouse.

Enfin, la zone d'influence est créée par la réalisation d'une zone tampon de 500 mètres autour de ces objets géographiques.

Ensuite, on calcule la proportion de chaque zone qui est incluse dans cette zone d'influence des transports en commun (figure 26 et tableau 22).

Couverture des unités de zonage du PLU par la zone d'influence des transports en commun



Zone d'influence autour des transports en commun



Proportion des unités de zonages couvertes par la zone d'influence, en pourcentages et nombre d'unités de zonage concernées

80-100	(349)
60-80	(24)
40-60	(15)
20-40	(20)
1-20	(13)
0-1	(83)

A.Prévoist (réalisé en mai 2012)
Source : zonage du PLU (3ème modification, approuvé en décembre 2007)
Tables SIG du PDU et lignes de bus septembre 2010 (SMTTC Tisséo)

Figure 26. Cartographie de la proportion de couverture des unités de zonage par la zone d'influence autour des transports en commun

Le tableau suivant résume la proportion surfacique de zonage couverte par la zone d'influence.

Zone	Proportion couverte par la ZI de TC : ensemble du zonage
UC1	85,8%
UC2	33,14%
UB1	83,13%
UB2	95,8%
UA3	100%
UE1	51,66%
UE2	62,5%
UP	69,6%

Tableau 22. Résultat de l'indicateur montrant la proportion surfacique de chaque zone en zone d'influence des transports en commun

Que ce soit sur l'ensemble du zonage ou sur la sélection, la zone UA3 est totalement incluse dans cette zone d'influence. Les zones UB2, puis UC1 et enfin UB1 le sont en proportion très importante (83 à 96%). La zone UC2 est la moins bien couverte, seulement à hauteur de 33% pour tout le zonage. Les zones à vocation d'activité UE1 et UE2 sont couvertes à plus de la moitié.

2.5.2.2 Zone d'influence utilisée pour la révision du PLU

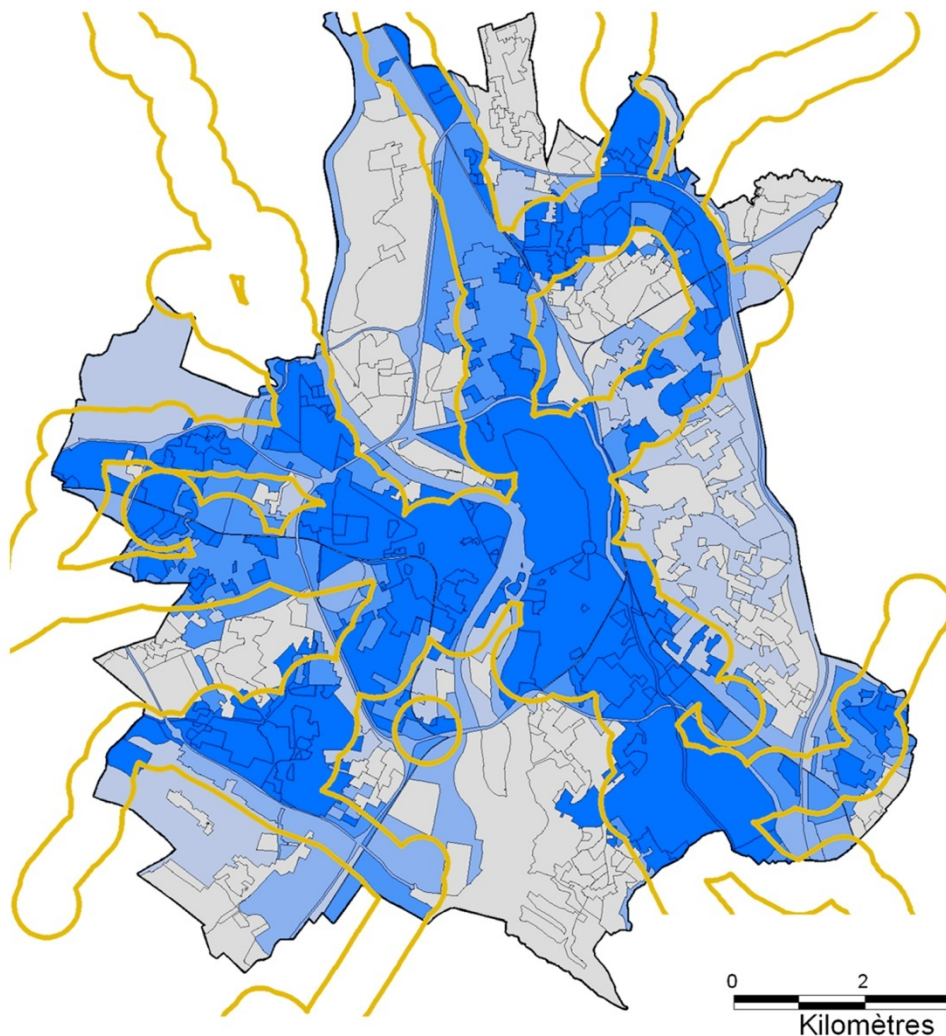
La carte suivante (figure 27) présente la zone d'influence utilisée pour les études dans le cadre de la révision du PLU ; on observe qu'elle est beaucoup moins étendue que celle réalisée précédemment (la précédente intégrait les lignes de bus à fort cadencement), mais, contrairement à la première, elle intègre aussi des lignes liées aux différents transports en commun en sites propres (TCSP) projetés dont les tracés sont contractualisés.

Pour cette zone « réglementaire », les périmètres de zone d'influence de TCSP autour des stations ou arrêt ont été estimés comme suit :

- 600 m autour des lignes et stations métro et TER
- 500 m autour des lignes et stations de tramway
- 400 m autour des lignes et arrêts de bus en site propre.

Seules les variantes de tracés de lignes TCSP faisant encore l'objet d'études n'ont pas été prises en considération dans la révision du PLU.

Couverture des unités de zonage du PLU par la zone d'influence des transports en commun, utilisée dans le cadre de la révision du PLU



Zone d'influence autour des transports en commun, utilisée dans le cadre de la révision du PLU



Proportion des unités de zonages couvertes par la zone d'influence, en pourcentages et nombre d'unités de zonage concernées

■	80-100	(206)
■	60-80	(43)
■	40-60	(40)
■	20-40	(30)
■	1-20	(35)
■	0-1	(150)

A.Prévost (réalisé en mai 2012)
Source : zonage du PLU (3ème modification, approuvé en décembre 2007)
Zone d'influence réglementaire utilisée dans le cadre de la révision du PLU
(projet de PLU arrêté le 28 juin 2012)

Figure 27. Cartographie de la proportion de couverture des unités de zonage par la zone d'influence autour des transports en commun utilisée dans le cadre de la révision du PLU

Le tableau 23 rappelle dans la colonne de droite les résultats obtenus avec la zone d'influence « élargie » et les résultats obtenus avec la zone d'influence utilisée pour la révision à gauche.

Zone	Proportion de zonage couverte par la ZI de TC utilisée dans le cadre de la révision	<i>Proportion de zonage couverte par la ZI de TC réalisée (voir plus haut)</i>
UC1	33%	<i>85,8%</i>
UC2	39%	<i>33,14%</i>
UB1	49,3%	<i>83,13%</i>
UB2	61,1%	<i>95,8%</i>
UA3	77,1%	<i>100%</i>
UE1	49,4%	<i>51,66%</i>
UE2	64,6%	<i>62,5%</i>
UP	65,8%	<i>69,6%</i>

Tableau 23. Résultat de l'indicateur montrant la proportion surfacique de chaque zone en zone d'influence des transports en commun utilisée dans le cadre de la révision du PLU

Dans cette analyse (hors UA1, UA2, UA4) les résultats montrent que UA3 est toujours classée première avec un bon résultat de couverture (environ 77%).

Avec cette zone d'influence moins étendue, les zones UB2 et UB1 perdent environ 35% de couverture globale par rapport à la zone qui intègre la desserte par les bus. UB2 est couverte à 61%, tandis qu'UB1 n'est couverte à 49%.

L'évolution la plus impressionnante concerne la zone UC1 ; avec une perte de 53% de couverture. Alors qu'avec les bus, la ZI la couvre à 86%, elle n'est plus couverte qu'à 33%, et devient même moins bien desservie que UC2 qui arrive à 39% (et reste ainsi presque stable). La zone d'influence réglementaire, qui ne prend pas en compte les lignes de bus à fort cadencement, et qui a été utilisée dans le cadre de la révision du PLU est donc logiquement moins couvrante, en particulier pour les zones d'habitats individuels.

2.5.3 Proportion surfacique de chaque zone couverte par une micro-centralité commerciale

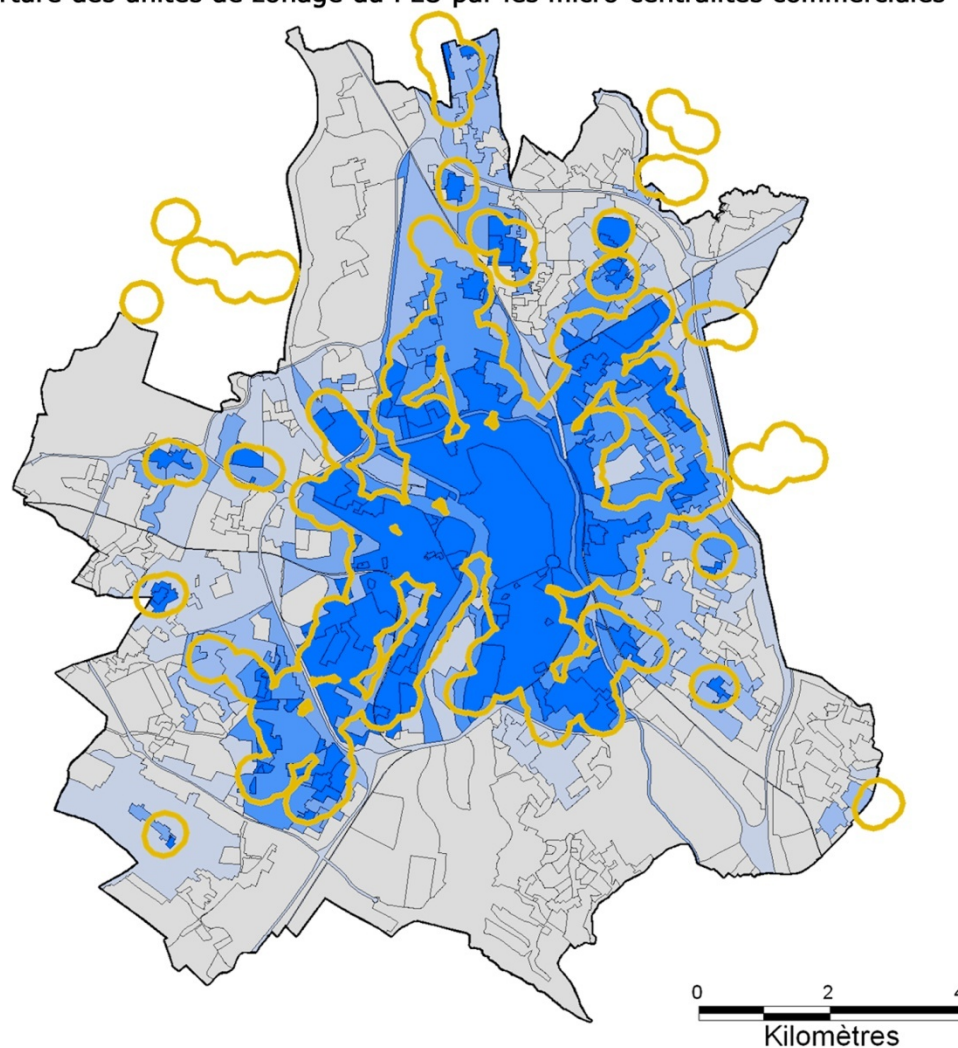
Cet indicateur suit le même principe que l'indicateur de couverture par les TC. Après avoir défini et cartographié des micro-pôles de commerces de proximité, il s'agit de calculer la proportion surfacique de zonage couverte par ces pôles. La définition des micro-pôles de proximité s'inspire de la définition des « pôles de vie » donnée par l'INSEE : « Dans les grandes communes, ces pôles de vie sont repérés dans un rayon de 300 mètres, d'au moins quatre activités du commerce de quotidien, hors commerce sur éventaie et marchés, traiteur et pharmacie. » Ces commerces de quotidien regroupent les commerces alimentaires spécialisés, les commerces d'alimentation générale, les supérettes, les cafés-tabacs, librairies, marchands de journaux et papeteries. Les hypermarchés et supermarchés et autres grands magasins ne rentrent pas dans la définition du pôle de vie.

La réalisation de l'indicateur se base sur l'utilisation de la base de données SIRENE géocodée (les données de l'année 2009 étaient disponibles), qui recense et géolocalise l'ensemble des commerces et services de la commune.

Pour cela, on réalise d'abord une zone tampon de rayon 300 m autour de chaque commerce correspondant aux types définis dans les « pôles de vie » ; on retient ensuite les objets dans lesquels on trouve au moins 4 commerces correspondant aux pôles de vie. Pour simplifier la méthode, on ne vérifie pas qu'il s'agit d'activités commerciales différentes.

Pour terminer, à partir de l'union de ces différents objets, on calcule pour chaque zone du PLU et pour chaque unité de zonage la proportion surfacique que couvrent ces objets (figure 28, tableau 24).

Couverture des unités de zonage du PLU par les micro-centralités commerciales



Micro-centralités commerciales assemblées (au moins 4 commerces spécifiques dans un rayon de 300 m)



Proportion des unités de zonages couvertes par la zone d'influence, en pourcentages et nombre d'unités de zonage concernées

80-100	(113)
60-80	(33)
40-60	(27)
20-40	(38)
1-20	(41)
0-1	(252)

A.Prévost (réalisé en mai 2012)
Source : zonage du PLU (3ème modification, approuvé en décembre 2007)
Données SIRENE (2009)

Figure 28. Cartographie de la proportion de couverture des unités de zonage par les micro-centralités commerciales

Le tableau suivant présente la proportion surfacique de chaque zone couverte par les centralités commerciales de proximité dans les deux configurations de zonage.

Zone	Proportion surfacique couverte : ensemble du zonage
UA4	61%
UA3	91%
UB1	46%
UB2	57%
UC1	39%
UC2	8%
UE1	7%
UE2	14%
UP	13%

Tableau 24. Résultat de l'indicateur montrant la proportion surfacique de chaque zone couverte par les micro-centralités commerciales

Si on classe les zones selon les résultats, UC2 est le moins bien couvert avec environ 8% de couverture, ce qui est faible. Les zones UP, UE1 et UE2 dédiées à l'activité ou aux grands équipements sont aussi très peu couvertes. UC1 arrive ensuite avec 39% ce qui reste assez faible ; puis UB1 avec un résultat de couverture moyen et ensuite UB2. Les mieux placées sont les zones UA3 et UA4. La zone UA3 correspondante aux faubourgs est d'ailleurs presque entièrement couverte, ce qui est logique vu le caractère de cette zone.

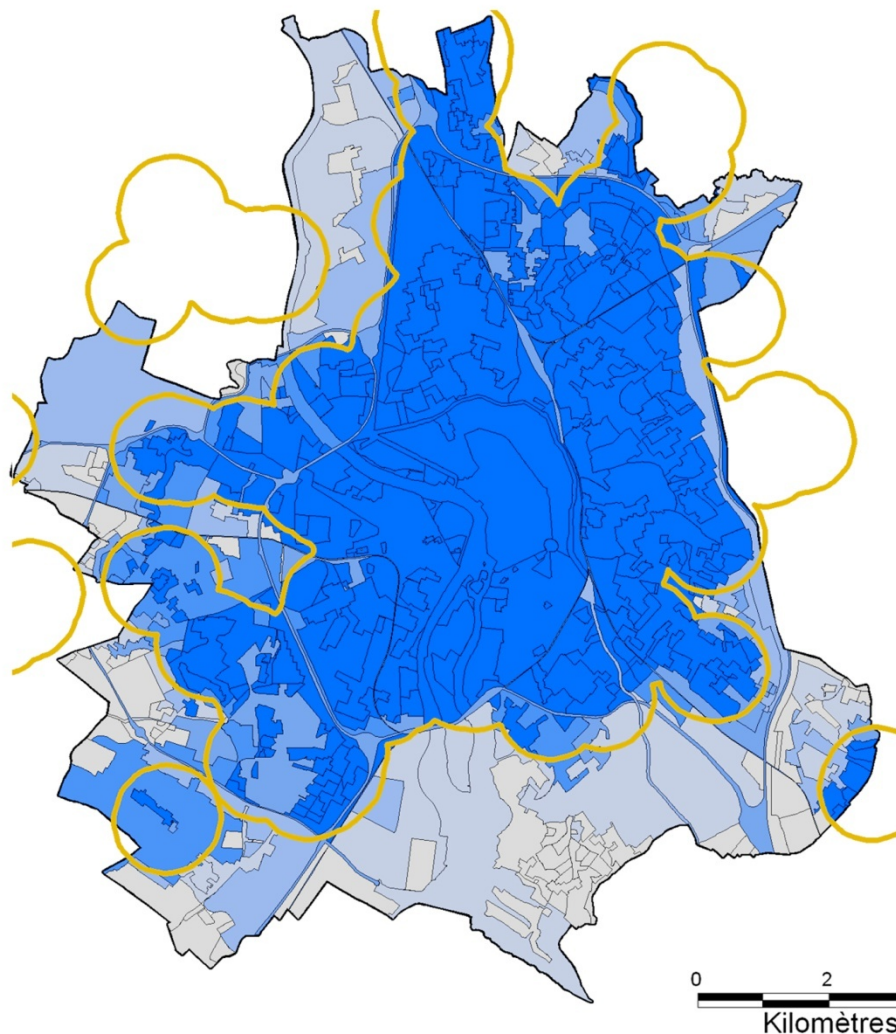
D'ici quelques années, il sera intéressant de réactualiser cet indicateur afin d'analyser l'instauration des dispositions en faveur du commerce dans le PLU révisé (dont le projet a été arrêté le 28 juin 2012). Ces dispositions instaurées sont de deux types :

- l'instauration d'une zone où les commerces dont la surface est supérieure ou égale à 500 m² de surface de plancher sont interdits, afin de favoriser l'implantation des petits commerces de proximité ;
- l'introduction de linéaires commerciaux destinés à maintenir la destination commerciale des pieds d'immeubles. Deux types ont été introduits lors de la révision du PLU de Toulouse, les « linéaires artisanaux et commerciaux protégés », qui interdisent la transformation d'un commerce en habitat et les « linéaires artisanaux et commerciaux à protection renforcée », où les commerces de proximité (supérette, primeur, boulanger...) sont favorisés par rapport aux services et bureaux (banques, agences immobilières, assurances...).

2.5.4 Proportion surfacique de chaque zone en zone d'influence des micro-centralités commerciales

Cet indicateur fait suite au précédent ; il a pour but de montrer l'accessibilité aux micro-pôles de commerces de proximité (voir la figure 29). Une accessibilité à pied acceptable pour ces centralités peut être définie par une distance de 500 m (environ 10 minutes à pied), la même que celle que nous avons choisie pour l'accès aux transports en commun.

Couverture des unités de zonage du PLU par la zone d'influence autour des micro-centralités commerciales



Zone d'influence de 500 m autour des micro-centralités commerciales



Proportion des unités de zonages couvertes par la zone d'influence, en pourcentages et nombre
d'unités de zonage concernées

80-100	(313)
60-80	(20)
40-60	(28)
20-40	(18)
1-20	(29)
0-1	(96)

A.Prévost (réalisé en mai 2012)
Source : zonage du PLU (3ème modification, approuvé en décembre 2007)
Données SIRENE (2009)

Figure 29. Cartographie de la proportion de couverture des unités de zonage par zone d'influence
autour des micro-centralités commerciales

Zone	Proportion surfacique couverte : Proportion couverte ensemble du zonage
UA4	92%
UA3	100%
UB1	85%
UB2	93%
UC1	83%
UC2	53%
UE1	34%
UE2	56%
UP	41%

Tableau 25. Résultat de l'indicateur montrant la proportion surfacique de chaque zone couverte par la zone d'influence autour des micro-centralités commerciales

Pour l'ensemble du zonage on observe de très bons résultats pour UA3, UA4 et UB2 (tableau 25). Les zones UB1 et UC1 ont, elles aussi une très bonne accessibilité au micro-pôles de commerces. Il y a par contre, une opposition nette avec les autres zones. La zone UC2 obtient un résultat très médiocre, du même ordre que les résultats obtenus pour les zones dédiées à l'activité ou aux grands équipements.

2.5.5 Proportion surfacique de chaque zone en zone d'influence des parcs et linéaires verts publics

L'objectif est ici d'apprécier la proportion surfacique de zonage couverte et à proximité d'espaces verts publics, pour chaque zone du PLU.

La proximité aux espaces verts que l'on peut qualifier de « surfaciques » tels que les parcs par exemple, est donnée par une zone tampon de rayon 500 m, la même que nous avons choisie pour l'accès aux transports en communs et aux micro-centralités de proximité. Pour les espaces verts « linéaires » à savoir : berges, promenades et réseau cyclable vert, la zone tampon est de 200 m. Le choix de cette différence peut s'expliquer par le fait que les espaces verts « linéaires » sont avant tout des espaces de promenades (dans le cadre de loisirs) ou de transit entre deux lieux. La distance acceptable pour leur accès par marche à pied (ou vélo) peut être considérée comme moindre par rapport à celle des espaces verts surfaciques, où il est plus fréquent de se poser un moment.

On rappelle que la notion de zone d'influence à proximité des espaces verts a été définie de différentes manières, notamment par (Saulnier, 2006; Boutefeu, 2009). Elle est explicitée par E. Boutefeu par une distance unique de 500 m, tandis que Natalia Barbarino Saulnier, dans

sa thèse, présente des distances variant avec la surface et l'aménagement de chaque espace. Néanmoins, dans le cadre de cette thèse où il s'agit d'apprécier la distance de chaque unité de zonage du PLU par rapport aux espaces verts publics en créant un indicateur, nous prenons une valeur unique de distance de 500 m (voir Boutefeu), pour les espaces verts surfaciques et de 200 mètres pour les espaces verts linéaires (réseau vert cyclable, berges et promenades). Pour notre objectif, qui est de qualifier des zonages règlementaires selon un niveau d'équipement qui est défini par un taux surfacique (ici, « l'équipement » en question correspond à la surface d'espace vert public comprises dans chaque unité de zonage ainsi que les zones d'influence), il nous a semblé inutile de complexifier les zones d'influence des espaces en fonction de leur typologie. En revanche, une hiérarchisation entre ce qui est surfacique et linéaire (pour les raisons d'usage de l'espace vert linéaire), semble légitime. De plus, Natalia Saulnier (Saulnier, 2006 citant Didier et Troche) affirme que la distance pour un déplacement journalier est fixée entre 100 et 300 m. Mais l'accès à une promenade ou piste cyclable peut se faire dans le cadre d'un déplacement quotidien s'il s'agit d'utiliser l'espace linéaire pour transiter, ou pas, s'il s'agit d'une véritable promenade dans le cadre de loisirs. Il n'est donc pas évident de définir la distance acceptable pour les linéaires verts. Afin de concilier les différents éléments nous avons décidé de choisir une distance de 200 m qui nous a semblé raisonnable.

Cet indicateur est avant tout un indicateur d'équipement de zonage par les espaces verts publics. Il ne reflète pas directement le potentiel écologique des espaces. En effet, nous prenons en compte les espaces verts accessibles au public et participant à la vie urbaine et au cadre de vie. Nous n'avons pas pris en compte les grands espaces verts privés⁹², ni les friches, ni les autres espaces naturels non aménagés qui peuvent avoir un potentiel en termes de biodiversité. Cela explique qu'il puisse y avoir des quelques parties de zones N ou NL règlementaires qui ne soient pas intégralement couvertes par les zones d'influence.

Pour réaliser l'indicateur, on utilise la table qui recense l'ensemble des espaces verts de Toulouse, la table des espaces verts à potentiel écologique de la ville, ainsi que les linéaires cyclables du réseau vert cyclable (qui représentent un type de réseau cyclable).

On réalise ensuite, à partir des espaces verts surfaciques, c'est-à-dire : jardins de quartiers, jardins historiques, parcs, coulée verte, zone verte, espaces de nature, une zone tampon d'un rayon de 500 m.

Pour les berges, promenades et réseau cyclables « vert », on réalise une zone tampon de rayon 200 m.

⁹² Par exemple, les espaces du CREPS qui ne sont pas accessibles au public, mais qui sont remarquables (notamment en terme de surface) n'ont pas été pris en compte.

Au final après avoir assemblé ces différentes zones tampons, on calcule la proportion surfacique de zonage couverte par la zone tampon créée, et la proportion surfacique couverte pour chaque unité de zonage du PLU (figure 30, tableau 26).

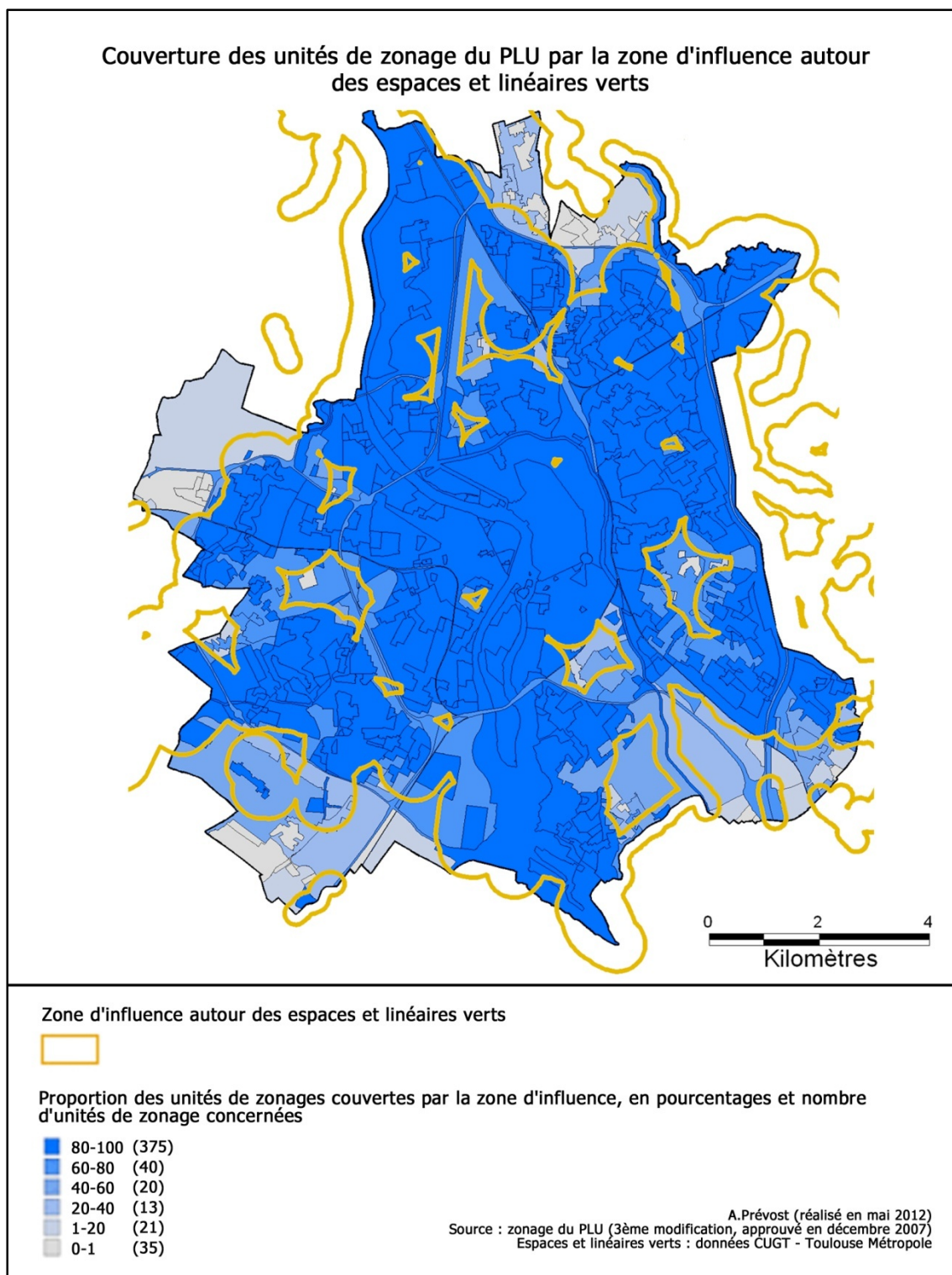


Figure 30. Cartographie de la proportion de couverture des unités de zonage par zone d'influence autour des espaces et linéaires verts

Zone	Rappel de la vocation de la zone	Proportion surfacique: ensemble du zonage
UA1	Hypercentre – secteur sauvegardé	100%
UA2	Centre ville, périphérie d'UA1	100%
UA3	Faubourgs	97%
UA4	Les 8 noyaux villageois, en périphérie	87%
UB1	Habitat diversifié et mixité sociale et fonctionnelle	81%
UB2	Habitat collectif	94%
UC1	Habitat pavillonnaire ou en bande	81%
UC2	Habitat pavillonnaire discontinu	66%
UE1	Activités économiques	67%
UE2	Activités économiques essentiellement tertiaires	76%
UP	Grands équipements : hopitaux, universités, ...	66%
N	Zone naturelle	94%
NL	Espaces naturels de loisirs aménagés	96%

Tableau 26. Résultat de l'indicateur montrant la proportion surfacique de chaque zone couverte par la zone d'influence autour des espaces et linéaires verts

Globalement, on observe qu'une très grande partie du territoire est couverte par les zones d'influence. Si on distingue les taux de couverture selon les zones, la zone qui obtient les moins bons résultats est la zone UC2, alors que c'est la zone (des zones UA3, UB1, UB2, UC1 et UC2) qui avait la plus forte proportion d'espaces non bâtis à la parcelle. Cette zone, si elle a des espaces privés non bâtis importants et donc par déduction des « jardins » privés en forte proportion est par contre la plus mal équipée en espaces verts publics. On observe le résultat inverse pour la zone de faubourg UA3.

Viennent ensuite les zones économiques et la zone UP. Les zones UC1 et UB1 sont assez semblables avec une accessibilité très forte de 81%. Les zones UA4, ainsi qu'UB2 et UA3 d'habitat collectif sont presque entièrement couvertes par la zone d'influence. Enfin, les zones de l'hyper centre UA1 (centre historique) et UA2 sont entièrement couvertes.

3. Agrégation des indicateurs

3.1 Comparaison et analyse des zones

Afin de comparer et de visualiser les caractéristiques des zones, on utilise l'Analyse en Composantes Principales. L'utilisation de l'ACP permet de répondre à l'étape d'agrégation et d'analyse n°2 :

« La comparaison des zones entre elles, sur l'ensemble des caractéristiques analysées » (présentée en détail à la figure 8). Cela va donc nous permettre de synthétiser l'ensemble des résultats des indicateurs.

Réalisation d'indicateurs

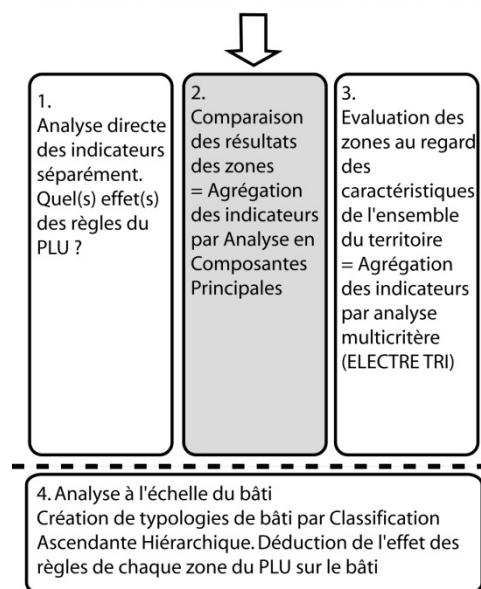


Figure 31. Schéma de la démarche : étape 2

L'analyse des résultats des ACP, ici réalisées à l'échelle des zones et ce que l'on peut en déduire par rapport aux formes urbaines peut être facilité par les résultats obtenus grâce l'analyse directe des permis de construire par ACP et CAH (Classification Ascendante Hiérarchique) (étape 4, analyse à l'échelle du bâti). En effet, les indicateurs réalisés pour les zones et utilisés dans l'ACP reflètent des grandes tendances, car la plupart sont basés sur le calcul de moyennes ou de dispersions pondérées par les types de parcelles. Les ACP et CAH réalisés sur les permis permettent d'avoir une vision complémentaire sur les types de formes bâties que l'on peut trouver dans chaque zone. Elles permettent de nuancer ou de préciser les résultats des indicateurs. Ainsi, il est préférable de réaliser en parallèle ces deux études statistiques : l'analyse des différentes formes bâties que l'on peut trouver dans chaque zone (analyse à partir des permis), et les grandes tendances globales correspondant à chaque zone. De plus, comme précisé au paragraphe 2.4.3.1, la qualité des calculs statistiques obtenus dans ce cette ACP nécessite une confrontation des résultats avec d'autres méthodes d'analyse (dû au faible nombre d'observations).

Les ACP sont réalisées en deux temps : d'abord une analyse sur l'ensemble des indicateurs, y compris ceux qui présentent une évolution entre le POS et le PLU ; puis on restreint l'analyse sur la situation au PLU uniquement.

A l'échelle de la zone, on réalise une première analyse correspondant à tous les indicateurs (dont évolution du COS et du CESL), mais sans les COS et CESL calculés sur la période du PLU. En effet, ces deux indicateurs, avec les indicateurs de dispersions, sont utilisés pour une seconde ACP basée sur les 4 indicateurs « morphologiques » calculés sur la période du PLU. On présentera d'abord les deux graphes des ACP obtenus, puis on effectuera une synthèse globale des résultats.

La première analyse mobilise les 11 indicateurs suivants (voir le graphe de l'ACP, figure 32 ci-dessous) :

- évolution de la densité du POS au PLU,
- dispersion de la densité au regard de la densité maximale bâtie,
- opérations d'agrandissement sur la période du PLU,
- évolution des espaces non bâtis à la parcelle du POS au PLU,
- dispersion de la proportion d'espaces non bâtis au regard du permis ayant le résultat maximal,
- évolution de la densité bâtie en zone d'influence des transports en commun,
- proportion surfacique de chaque zone couverte par la zone d'influence des transports en commun,
- proportion surfacique de chaque zone en zone d'influence d'une école ou d'un établissement d'accueil de la petite enfance,
- proportion surfacique de chaque zone couverte par une micro-centralité commerciale,
- proportion surfacique de chaque zone en zone d'influence des micro-centralités commerciales,
- proportion surfacique en zone d'influence des parcs et linéaires verts publics.

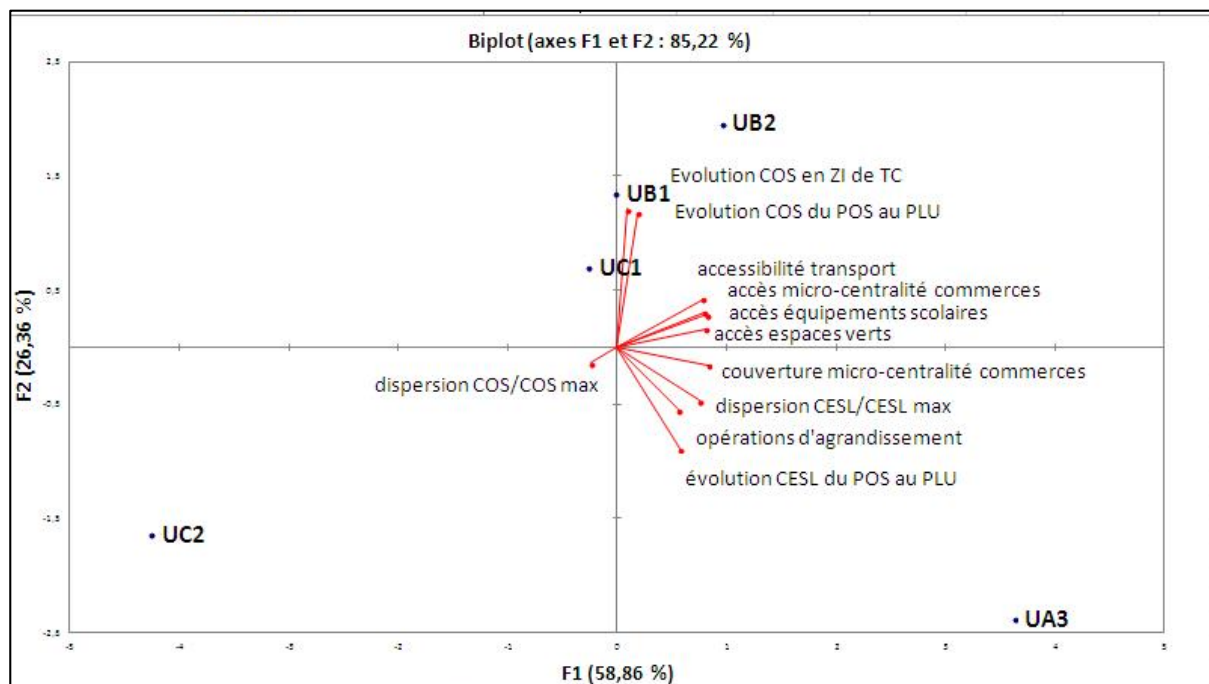


Figure 32. ACP sur les indicateurs ; avec les indicateurs d'évolution de la densité et des espaces non bâtis du POS au PLU

Les résultats de l'ACP permettent de dégager 3 axes où les variables ont un poids significatif (en termes de contribution à l'axe en pourcentage, avec vérification grâce au cosinus carré) :

- le premier correspond à tous les indicateurs d'aménités par zone, les opérations d'agrandissement, et la dispersion du CESL (coefficient d'emprise au sol libre, équivalent aux espaces non bâtis) par rapport au CESL max. Toutes sont fortement corrélées positivement, cela montre que, de manière générale, les aménités, lorsqu'elles sont présentes et nombreuses sur une zone, sont en plus diversifiées.

- le deuxième correspond aux indicateurs d'évolution du COS et d'évolution du COS en zone d'influence des transports en commun, et l'évolution du CESL. L'évolution du COS et l'évolution du COS en ZI sont tous deux fortement corrélées positivement, ce qui est logique car la ZI de TC couvre une très grande partie du territoire. L'indicateur d'évolution du CESL est corrélé négativement avec les autres. Ainsi, quand la densité augmente, la tendance analysée montre que dans le même temps, les espaces non bâtis privés diminuent.

- le troisième correspond à la dispersion des COS par rapport aux COS maximaux.

Les 2 premiers axes représentent 85,2% des données, la dispersion des COS par rapport aux COS principaux est moins représentative (seulement 13% des données pour cet axe).

La seconde ACP est basée uniquement sur les 4 indicateurs morphologiques calculés sur la période du PLU (voir la figure 33) : COS et CESL au PLU, et dispersions par rapport aux valeurs de COS et de CESL maximaux calculés pour la période du PLU.

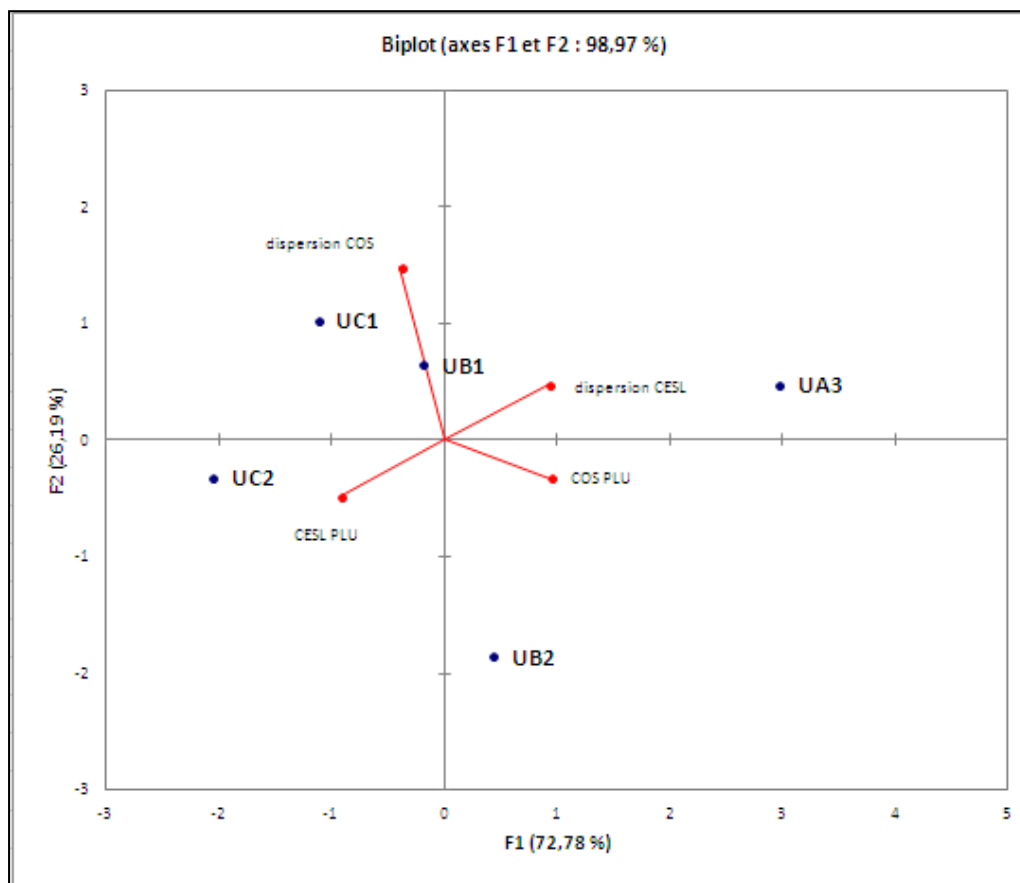


Figure 33. ACP au PLU sur les indicateurs morphologiques

Dans ce cas, l'ACP génère deux axes qui représentent 99% des résultats (en pourcentage et confirmé par le cosinus carré) :

Le premier est défini par le COS calculé au PLU, le CESL au PLU et la dispersion du CESL par rapport au CESL maximum. Ce premier axe représente 72,8% des données. Le COS et la dispersion par rapport aux CESL maximaux sont fortement corrélés positivement, ce qui montre que plus la densité bâtie est forte, plus l'écart entre la proportion d'espace libre moyenne et la proportion d'espace libre maximale identifiée pour la zone est forte. Quand au CESL, il est corrélé négativement avec les deux premiers : ainsi, plus la densité bâtie est forte, plus la tendance tend à montrer que le CESL est faible.

Le deuxième axe est en grande partie défini par la dispersion des COS au regard du COS maximal identifié pour chaque zone. Cet axe représente 26,2% des données.

Si on considère la contribution des zones par rapport aux axes (confirmé par les Cosinus carré), UC2 et UA3 contribuent à l'axe 1, UB2 à l'axe 2.

Si on analyse uniquement les indicateurs de morphologie au PLU, alors on voit qu'UC1, UB1 sont proches, UC2 tend à s'approcher d'UC1 et UA3 et UB2 restent à part. UB2 a la plus faible dispersion par rapport au COS maximal (égale à 0,5).

Ces deux ACP permettent de synthétiser et de comparer les caractéristiques de chaque zone, à partir des 13 indicateurs réalisés. On observe que la zone des faubourgs UA3 et la zone pavillonnaire UC2 ont un comportement unique. UB1 (tissu mixte) et UB2 (habitat collectif) sont assez proches dans cette synthèse des indicateurs, notamment en évolution du COS (évolution positive du COS, de +55% pour UB1 et + 41% pour UB2). UC1 s'approche d'UB1, et si on se reporte aux résultats des indicateurs, cela est lié aux micro-centralités de proximité, à leur accessibilité, à l'accès aux espaces et linéaires verts et à la dispersion des COS rapport à la constructibilité maximale globale qui est élevée pour ces deux zones (rappelons que pour UC1, on observe un effet des permis à destination de collectif). En revanche, l'évolution du COS est plus forte en UB1 qu'en UC1. UB2 obtient des résultats meilleurs que ces deux zones pour les micro-centralités commerciales, l'accès aux espaces verts et la dispersion du COS par rapport aux COS maximaux (UB2 obtient en effet la dispersion la plus faible).

UA3 est caractérisé par de bons résultats pour l'ensemble des indicateurs, à l'exception de l'évolution du COS et de l'évolution de ce COS en zone d'influence des transports en commun ; cependant, si l'évolution est négative on a vu que cela est dû à un permis très dense au POS qui influe sur le COS moyen. De plus, malgré cette diminution calculée, cette zone de faubourgs est la zone la plus dense analysée et utilise mieux la potentialité règlementaire que les autres zones, sauf UB2.

Pour UA3, on a vu aussi que l'évolution des espaces non bâtis est positive, mais il faut être prudent avec ce résultat, car la valeur obtenue pour la période du PLU reste faible (inférieure à 50%) et la dispersion des espaces non bâtis par rapport à la valeur maximale est forte. Au final, la zone UA3 confirme son statut de zone de faubourg, avec des caractéristiques de centralité et d'intensité au sens de Da Cunha et Kaiser (Da Cunha, Kaiser 2009b), très bien équipée, dense, assez homogène avec une dispersion des permis par rapport à la constructibilité maximale moyenne. Cependant, cette zone présente un taux d'espaces libres plus faible que les autres zones (et avec une forte dispersion pour cet enjeu).

La zone UC2 obtient les résultats les plus faibles, et pour la grande majorité des indicateurs. La zone semble avoir un comportement qui lui est propre : très peu dense et avec peu

d'aménités au regard des autres zones. L'évolution du COS est négative, cela est très certainement engendré par l'instauration d'un COS limitant égal à 0,2. De plus, l'indicateur de dispersion par rapport au COS maximal est assez élevé. Après analyse, cela est dû aux quelques permis collectifs (à hauteur de 6%) déposés sur la zone. En calculant la dispersion sans ces collectifs, on obtient un résultat plus faible qui montre une meilleure homogénéité du pavillonnaire au regard des permis les plus denses (avec collectifs : 0,62, sans collectifs : 0,57). La dispersion est d'ailleurs encore plus faible pour les permis déposés sur des parcelles de tailles moyennes, très nombreux. Ce résultat de dispersion par rapport au maximum peut être comparé à la dispersion par rapport au COS moyen que l'on a calculé (pour toutes les zones) en prenant l'écart type relatif⁹³. Le résultat confirme ce fait : avec les collectifs, l'écart-type relatif pour UC2 vaut 0,58, sans ces collectifs il vaut 0,38, ce qui est le résultat le plus faible obtenu et montre une homogénéité de la densité de l'habitat individuel. Néanmoins, on rappelle que l'on a calculé ces dispersions en les pondérant par le pourcentage de petites, moyennes, grandes et très grandes parcelles correspondant aux permis. Ce résultat faible est donc en partie dû à une forte homogénéité pour les parcelles « moyennes », qui correspondent du reste, à de nombreux permis.

Quant au CESL, la dispersion par rapport au maximum est très faible (0,13, le plus faible). L'homogénéité est aussi donnée par l'écart-type relatif qui est aussi le plus faible au regard de toutes les zones (0,08)⁹⁴.

Pour conclure, les résultats les plus significatifs en ce qui concerne les ressemblances et les différences sont les suivants :

- UA3 confirme son statut de faubourg proche du centre, pourvu d'aménités, plus homogène en terme de densité que les autres zones par rapport aux COS moyens, même si c'est moins vrai pour les petites parcelles qui sont plus dispersées. Par rapport aux COS maximaux, la dispersion relative globale est moyenne, mais est assez élevée pour les petites et moyennes parcelles (elle diminue pour les grandes). L'évolution du COS calculée est négative, mais cela est dû à un permis particulièrement dense au POS, pour un faible nombre de données analysées. Le COS au PLU reste d'ailleurs élevé, si on le compare aux autres zones. Enfin, la proportion d'espaces libres à la parcelle, est la plus faible et la plus dispersée.
- UC2 est une zone à part, peu équipée, avec une évolution négative du COS, peu dense, avec une forte aération des espaces privés, et une dispersion faible du CESL.

⁹³ L'écart-type relatif permet de mesurer une dispersion par rapport à la moyenne (voir le paragraphe 2.3.4). Les écarts-types relatifs sont calculés pour les COS des permis de chaque zone et chaque type de parcelle. Ensuite, pour chaque zone, un écart-type relatif global pondéré par les pourcentages correspondants aux types de parcelles est calculé. On obtient les écarts-types relatifs suivants : UA3 : 0,51 ; UB1 : 0,64 ; UB2 : 0,52 ; UC1 avec collectifs : 0,76 ; UC1 sans collectifs : 0,59.

⁹⁴ Les écarts-types calculés pour le CESL sont les suivants : UA3 : 0,48 ; UB1 : 0,23 ; UB2 : 0,17 ; UC1 : 0,17 ; UC2 : 0,08.

-UB1 et UC1 sont très proches pour ce qui est des aménités, avec de forts taux de couverture.

-UB2 est elle aussi bien équipée, plus dense que les précédentes. UB2 a la plus faible dispersion par rapport au COS max, et un COS assez élevé.

La partie suivante présentera la seconde méthode d'agrégation des indicateurs à l'échelle de la zone, qui va permettre de positionner les résultats des zones en fonction des caractéristiques globales du territoire et d'objectifs à atteindre.

3.2 Évaluation multicritère des zones

Cette partie présente l'application de la deuxième méthode d'agrégation des indicateurs, l'analyse multicritère (étape 3 de la démarche globale). On commencera par préciser la terminologie employée dans nos analyses, puis les objectifs, les principes méthodologiques et les résultats de l'évaluation ex-post. Une seconde partie concernera l'application ex-ante (dans le cadre des études pour la révision du PLU).

Réalisation d'indicateurs

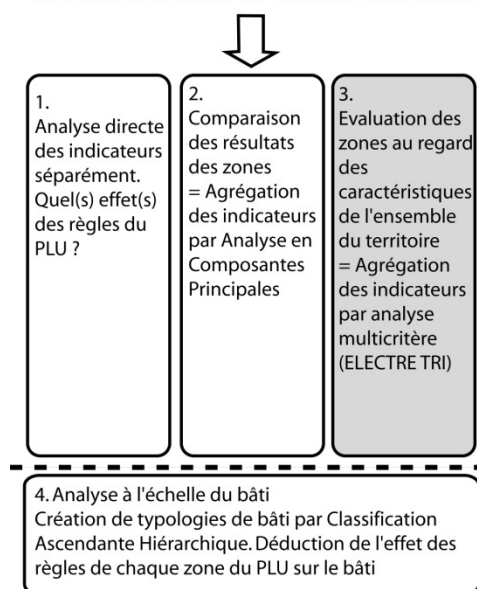


Figure 34. Schéma de la démarche : étape 3

3.2.1 Évaluation multicritère ex-post

3.2.1.1 Les objectifs

Cette étape va fournir des éléments d'évaluation ex-post du plan sur les 3 grands enjeux : densité, espaces libres et aménités des zones ; sur la base de l'ensemble des indicateurs réalisés.

Ces analyses permettront de caractériser et de classer les zones au regard des caractéristiques de l'ensemble du territoire, par exemple au regard de la densité de l'ensemble des permis de construire déposés sur la commune, ou du degré d'aménité de l'ensemble des unités de zonage. On pourra apprécier les forces et les faiblesses d'une zone, par rapport au reste de la ville, en triant les zones en fonction des résultats obtenus. Ainsi, l'objectif visé diffère des ACP, réalisées précédemment, qui ont permis de comparer les zones entre elles et de synthétiser leurs résultats.

L'autre différence concerne la précision des indicateurs qui entrent dans ces évaluations multicritères. Pour les ACP, les résultats des 13 indicateurs synthétiques du corpus

d'indicateurs étaient analysés (par exemple, le COS au PLU moyen pondéré par les types de parcelles est synthétique car on obtient un seul résultat pour chaque zone), tandis que dans les évaluations multicritères, les COS, CESL, dispersions, évolutions du COS qui ont été calculés pour les différents types de parcelles de chaque zone sont également pris en compte.

Ainsi, pour les deux premiers enjeux de densité et « d'espaces libres », on réalise d'abord des évaluations multicritères sectorielles, qui mobilisent un nombre restreint d'indicateurs relatifs à un enjeu, avant de passer à une évaluation globale de l'enjeu, sur l'ensemble des critères concernés. Ces évaluations sectorielles permettent une analyse plus fine d'un thème de l'enjeu, en utilisant les indicateurs calculés pour les différents types de parcelles en plus des indicateurs globaux calculés pour les zones. Par exemple, si, pour l'enjeu de « densité » dans le corpus d'indicateur il existe un indicateur global de densité au PLU (le seul utilisé dans l'agrégation par ACP), l'analyse multicritère va permettre de réaliser une évaluation sur le thème de « la densité au PLU », qui prend en compte 5 indicateurs au total : COS au PLU sur petites parcelles, sur parcelles moyennes, sur grandes parcelles, sur très grandes parcelles et enfin le COS global pondéré par les différents types de parcelles.

Ce niveau de précision va aider les rédacteurs des PLU à « cibler » leur analyse de l'effet du plan, ce qui peut faciliter par la suite leur prise de décision quant à la modification de ces règles.

L'enjeu « aménités » n'étant caractérisé que par 5 indicateurs, on réalisera directement l'analyse globale qui intègre ces 5 différents indicateurs.

Le schéma ci-dessous (figure 35) résume l'ensemble des évaluations sectorielles et globales ex-post réalisées.

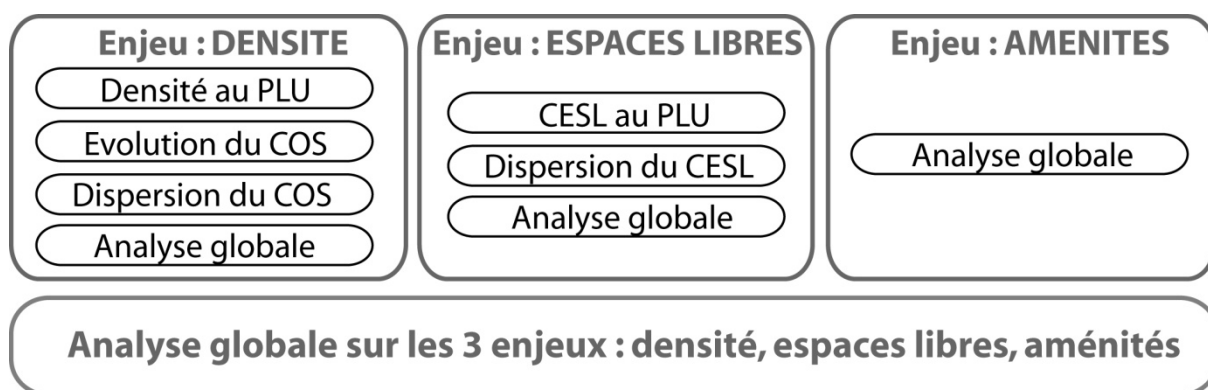


Figure 35. Évaluations multicritères ex-post réalisées

L'évaluation concernant les aménités permettra de créer une cartographie montrant le degré d'aménité de chaque unité de zonage. Quant aux enjeux de densité et d'espaces libres privés, on préférera donner les résultats sous forme de tableau, plutôt que sous forme cartographique, car les indicateurs calculés se basent sur des calculs de moyennes à l'échelle de la zone globale (il n'est donc pas légitime de cartographier à l'échelle plus fine de l'unité de zonage).

3.2.1.2 Protocole d'application de la démarche multicritère ex-post

3.2.1.2.1 Précisions sur la terminologie : enjeux, critères, sous-critères, indicateurs, performances ?

Afin d'être cohérent avec les problématiques urbaines où l'on parle plus souvent d'indicateurs que de critères, une terminologie adaptée, un peu différente de celle couramment utilisée dans les analyses multicritères est ici employée.

Ainsi, on a appelé :

- les « critères » ou « thèmes » : « enjeux » s'il s'agit d'une des 3 grandes thématiques d'urbanisme réglementaire traditionnel (densité, aménités, espaces libres) qui regroupent plusieurs critères (ex : COS au PLU, évolution du COS, dispersion du COS, etc ; pour l'enjeu de densité).
- les « sous-critères » : « thèmes de l'enjeu »
- les « critères » initiaux sont appelés directement « indicateurs » s'il n'y en a qu'un (ex : proportion surfacique de chaque zone en zone d'influence des transports en commun).
- on a aussi appelé « indicateur » la valeur chiffrée correspondant au résultat du calcul des différents indicateurs, qui sont appelés « performance », « jugement » ou « évaluation » dans la théorie du multicritère.

La figure ci-dessous (figure 36) résume ces différences.

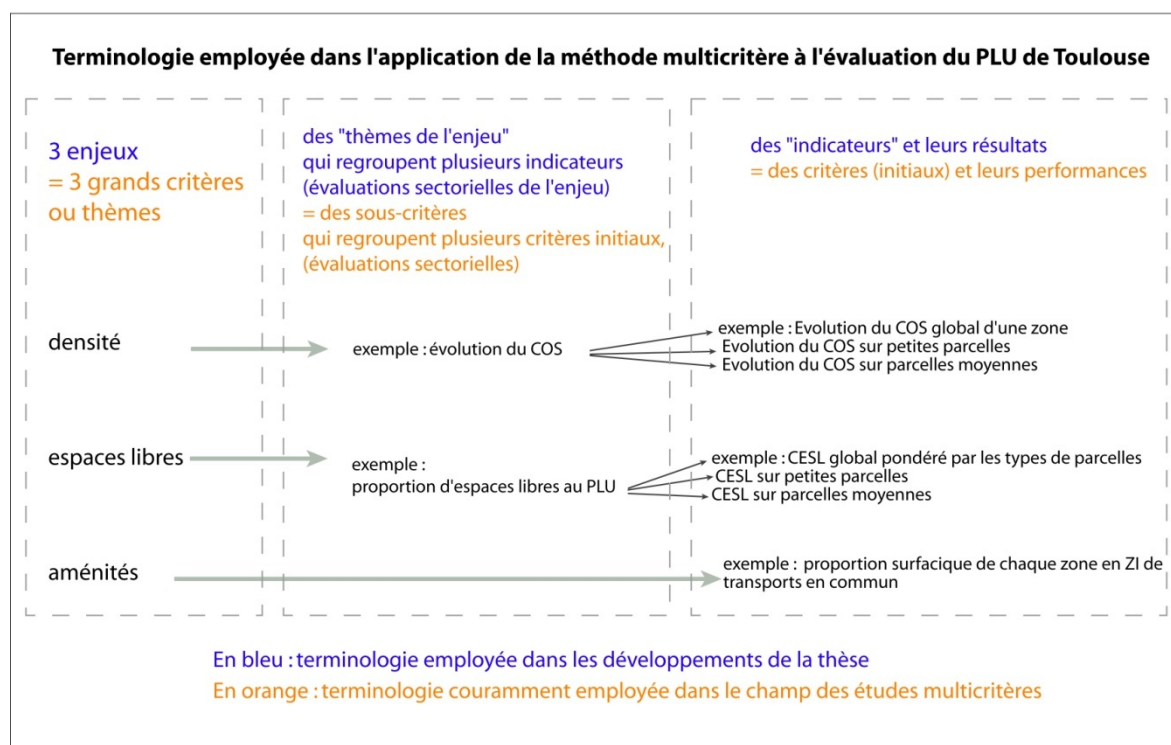


Figure 36. Terminologie pour l'évaluation multicritère

3.2.1.2.2 Deux méthodes pour la définition des actions de référence

Les évaluations multicritères basées sur le tri utilisent des « actions de référence », qui déterminent à partir de quel moment une action passe dans une classe supérieure (voir le paragraphe « l'utilisation d'Electre tri », au chapitre 1 de cette partie 3).

La première étape consiste à définir les 3 actions de référence, qui séparent les 4 catégories dans lesquelles les zones vont être assignées. Pour chaque action de référence et chacun des indicateurs de cette action, on calcule donc un score sur la base des données permis de construire ou du degré d'aménité de l'ensemble des unités de zonage du territoire. Pour les enjeux de densité et les espaces libres, on prendra les permis de construire déposés sur l'ensemble du territoire représenté par les zones UC1, UC2, UB1, UB2 et UA3.

Lorsque la nature de l'indicateur le permet, deux méthodes sont utilisées pour le calcul de ces « scores ». La première consiste à prendre des effectifs égaux : par exemple, pour le thème de « COS au PLU », les 3 actions de référence pourront correspondre : au COS moyen des 33% des permis de construire déposés sur l'ensemble du territoire analysé et triés en

fonction de leur COS, puis le COS moyen des 33 à 66% des permis et enfin le COS moyen des 66% à 100% des permis (donc les plus denses). Grâce à cela, chaque zone du PLU sera comparée à l'ensemble des permis déposés sur le territoire.

La deuxième méthode suit ce même objectif, mais au lieu d'employer des taux définis un peu arbitrairement, elle se base sur les ruptures naturelles observées dans la distribution de la donnée relative à un phénomène, par exemple les COS de l'ensemble des permis de la commune ou encore le taux de couverture de l'ensemble des unités de zonage de Toulouse par une aménité. Le but est de pouvoir comparer les zones par rapport au comportement réel (donné par la distribution) des COS et CESL et aménités de l'ensemble du territoire. Pour cela, on va donc chercher à établir des classes homogènes, qui sont représentatives de la distribution et de ses seuils naturels. Afin d'automatiser le calcul de ces classes sous XLSTAT, on utilise une discrétisation par les K-moyennes (K-means). Cette méthode itérative va permettre d'obtenir les classes les plus homogènes possibles, tout en repérant les ruptures de pente et les discontinuités dans la distribution (Mauvière, 2012). La méthode de Jenks-Fischer permet d'obtenir un optimum, mais est plus coûteuse quant aux temps de calcul. De plus, les deux méthodes donnent des résultats quasi-similaires (Mauvière, 2012), ce que nous avons pu vérifier (ces deux méthodes ont été testées sur nos données).

Finalement, une fois la discrétisation par les K-moyennes, les « scores » des actions de référence correspondent à la moyenne (ou au barycentre) de chaque classe générée.

3.2.1.2.3 Procédure, paramètres et analyses des résultats

On présente les résultats de chaque analyse multicritère, sectorielle puis globale et selon les deux méthodes de calcul des actions de référence. Pour chaque analyse, on essaye d'établir le lien entre les résultats obtenus et le règlement du PLU.

On s'attache surtout à donner les résultats de la procédure d'affectation pessimiste d'ELECTRE TRI car elle se prête plus aux enjeux abordés ici (voir plus de détails au paragraphe « l'utilisation d'Electre tri », au chapitre 1 de cette partie 3). En effet, comme le dit W.Yu, la procédure optimiste est adaptée aux problèmes « dans lesquels on favorise plus ou moins les actions qui ont des attraits particuliers ou des qualités exceptionnelles » (Yu, 1992b p.32), ce qui ne correspond pas à notre objectif qui est d'évaluer les caractéristiques les zones, sans privilégier les spécificités.

On rappelle que les différences d'affectations entre les deux procédures pessimiste et optimiste sont dues aux incomparabilités qui sont générées. Cela arrive quand une action A ne surclasse pas l'action de référence B, mais que B ne surclasse pas non plus A.

Si de trop nombreuses incomparabilités sont générées (pour deux actions de référence sur les trois définies, dans notre cas), alors en procédure pessimiste, l'action sera jugée trop

strictement (affectée en classe exagérément basse) et exagérément élevée en optimiste (Schärlig, 1996). Par exemple, dans notre cas, on observe des zones qui peuvent être classées dans la meilleure classe en mode optimiste, et dans la classe la plus basse en mode pessimiste. Dans ce cas, on peut admettre que les résultats obtenus sont en fait des résultats pour lesquels il est difficile de conclure clairement, on les a qualifiés alors de « médiocres » (ni bon, ni mauvais).

On précise ce résultat particulier quand les zones ou unités de zonage que l'on analyse sont concernées.

La méthode ELECTRE TRI permet d'introduire des seuils d'indifférence et de préférence qui permettent de prendre en compte les incertitudes sur les données et les difficultés que peuvent rencontrer les décideurs à établir à partir de quel moment l'écart entre deux jugements est significatif. Elle admet aussi l'utilisation de pondérations, qui traduisent l'importance que donne le décideur aux critères, et enfin un seuil de veto, qui permet à un critère de s'opposer à lui seul au surclassement (Adolphe *et al.*, 2006).

Dans cette étude, les analyses multicritères sectorielles pour les enjeux « densité » et « espaces libres » sont construites de la manière la plus simple possible, c'est-à-dire sans multiplier les paramètres qu'il est possible d'utiliser. Les indicateurs des analyses sectorielles ne sont donc pas pourvus de seuils d'indifférence et de préférence. En revanche, pour les analyses globales de ces deux enjeux, ces seuils sont utilisés sur les indicateurs pour lesquels ils sont faciles à définir (par exemple, pour l'indicateur montrant un taux d'évolution, l'indifférence peut être fixée à 5% de cette évolution et la préférence à 10%).

Pour les « aménités », les seuils d'indifférence et de préférence ont été introduits sur chaque indicateur. Aussi, pour l'analyse globale pour les 3 enjeux, ces seuils ont été utilisés pour les indicateurs relatifs aux aménités, aux taux d'évolution (COS et CESL) et pour les opérations d'agrandissement du bâti.

Enfin, les pondérations et veto ne sont pas utilisés dans les évaluations ex-post car l'objectif est d'établir un bilan de l'état des zones ou des unités de zonage, en donnant exactement la même importance à chaque indicateur. Toutefois, on a utilisé ces paramètres dans le cadre de l'évaluation ex-ante (présentée au paragraphe 3.2.2), car la logique est différente. On doit, en effet, valider une décision de changement de zonage et de règlement de certaines zones du PLU à partir des indicateurs d'aménités urbaines, dont un est considéré comme absolument nécessaire.

3.2.1.2.4 Analyses de robustesse

Les analyses de sensibilité et de robustesse ont pour but d'étudier la sensibilité des résultats aux variations des paramètres du modèle, puis de trouver la plage de valeurs qui garantit la stabilité des résultats (robustesse). Ces analyses doivent être considérées comme des recommandations quant à l'utilisation et à l'appréciation des résultats du modèle (Figueira *et al.*, 2005).

Toutes les évaluations multicritères ont fait l'objet d'une analyse de robustesse, présentée après les résultats des évaluations. Les résultats des analyses de robustesse des évaluations sectorielles pour « la densité » et « les espaces libres » sont reportés à l'annexe 7 de la thèse. Elles concernent le seuil de coupe λ (voir la définition au chapitre précédent) et les actions de référence.

La méthode de réalisation des analyses de robustesse suit ce qui est proposé par L-Y Maystre et H. Haidar (Maystre *et al.*, 1994; Haidar, 2006), comme résumé ci-dessous⁹⁵ :

- Analyse de robustesse sur le seuil de coupe :

On a choisi des seuils de coupe λ suffisamment élevés (la valeur par défaut dans la version d'ELECTRE TRI est égale à 0,76) afin de garantir une certaine exigence sur les résultats.

Une fois le « test de référence » réalisé avec une valeur de λ égale à 0,76, on cherche ensuite, par tâtonnements, à définir la plus grande plage de valeurs, autour de la valeur initiale, qui garantisse la stabilité des résultats.

- Analyse de robustesse sur les seuils d'indifférence et de préférence p et q :

Chaque indicateur doté d'un seuil d'indifférence et de préférence présente des p et q tels que $p/q = 2$ (par exemple, $q=5\%$ et $p=10\%$).

On teste dans un premier temps la robustesse du ratio p/q avec $p/q = 1,5$ et $p/q = 3$, en faisant varier le ratio indicateur par indicateur (pour les 3 actions de référence).

Ensuite, on teste les valeurs de p et q, en conservant cette fois ci le ratio p/q égal à 2 ; toujours en faisant varier p et q indicateur par indicateur. On réalise deux tests. Le premier consiste à doubler p et q et le second à diviser p et q par 2.

⁹⁵ Pour l'évaluation ex-ante, sont aussi testées les valeurs de seuil de veto et de pondération. Elles ne sont pas utilisées ici dans le cadre d'évaluation ex-post.

- Analyse de robustesse sur les actions de référence :

Les actions de référence qui sont définies à partir de l'ensemble des données grâce à des méthodes statistiques sont aussi testées. On fait varier les valeurs de référence sur la plage [-5% ; +5%] et on recherche, au sein de cette plage maximale, la plage de stabilité. Toutes les valeurs testées, pour l'ensemble des indicateurs figurent en annexes 8 et 9.

Maintenant que les grands principes méthodologiques employés ont été présentés, les analyses ex-post réalisées sur les 3 grands enjeux séparément vont être exposées, en commençant par la densité.

3.2.1.3 Évaluation multicritère pour l'enjeu de « densité »

Pour cet enjeu, 3 évaluations sectorielles permettent de prendre en compte les indicateurs calculés pour les différents types de parcelles, en plus des indicateurs globaux, ont été réalisées :

- 1. Sur la densité (COS) des zones calculée pour la période du PLU
- 2. Sur l'évolution de la densité des permis des zones entre la période du POS et du PLU
- 3. Sur la dispersion des COS au regard des COS maximaux pour la période du PLU

Enfin, une analyse porte sur l'ensemble des indicateurs définis pour l'enjeu global de « densité ». Cette analyse traite donc de l'ensemble des indicateurs analysés de manière séparée aux 3 points précédents, à laquelle on ajoute « l'évolution de la densité en zone d'influence des transports en commun », plus « les opérations d'agrandissement du bâti sur la période du PLU ».

Un paragraphe résumant les principaux résultats obtenus présente les éléments les plus importants observés précédemment dans les analyses sectorielles puis globales, et pour les deux méthodes de définition des actions de référence.

Ces actions de référence, calculées pour chaque indicateur et qui définissent les frontières entre les 4 classes du tri vont maintenant être présentées, puis on passera aux résultats des différentes analyses réalisées.

3.2.1.3.1 Définition des actions de référence par effectifs égaux et K-moyennes

Indicateurs : COS au PLU pour chaque type de parcelle

La première méthode de définition des scores des actions de référence pour chaque indicateur est la méthode par effectifs égaux : le score pour l'action de référence 3 (appelée Pr3) qui sépare la catégorie « mauvais » de la catégorie « moyen » est obtenu par le calcul du COS moyen des 33% premiers permis de construire (déposés sur l'ensemble du territoire), triés selon le COS croissant. Pr2 correspond au COS moyen des 33% à 66% de permis de construire, et Pr3 des 66% à 100% des permis de construire. La figure 37 illustre la méthode pour les petites parcelles.

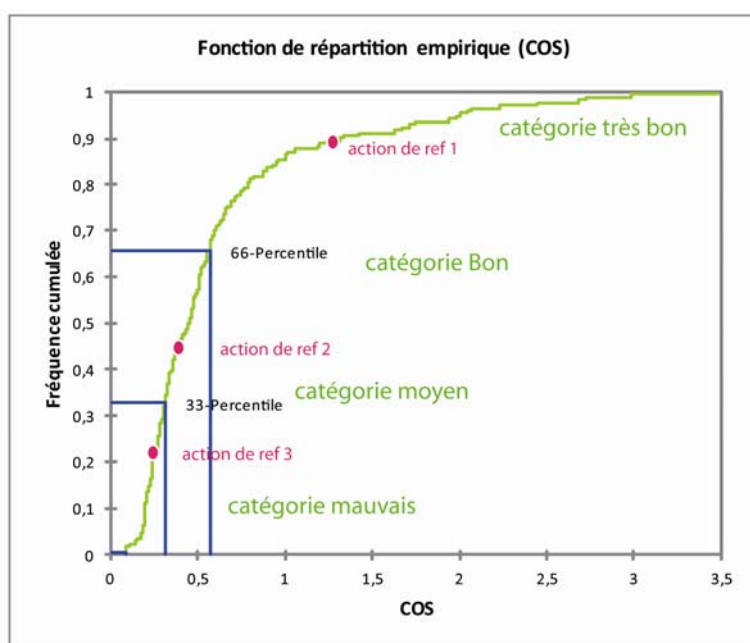


Figure 37. Exemple pour les petites parcelles - représentation des COS, des actions de référence obtenues par classes d'effectifs égaux et des classes de l'AMC pour cet indicateur

La seconde méthode met en œuvre une discrétisation par les K-moyennes ; on recherche 3 classes, et le score de l'action de référence est obtenu en prenant le barycentre renvoyé par XLSTAT (semblable à la moyenne des COS de chaque classe générée, représentés par des points rouges dans les figures). (Voir en effet l'exemple, aux figures 38 et 39).

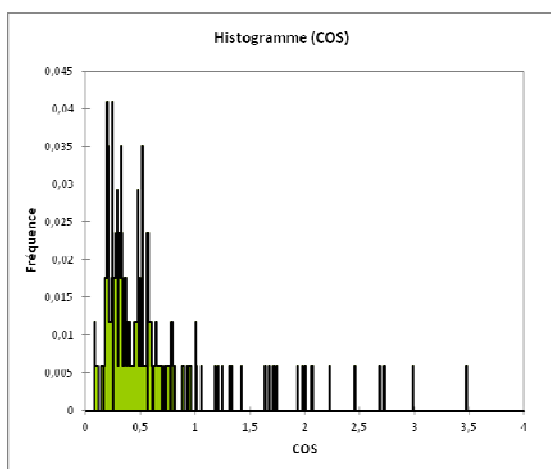


Figure 38. Exemple pour les petites parcelles : Distribution du COS pour l'ensemble des permis de construire du territoire

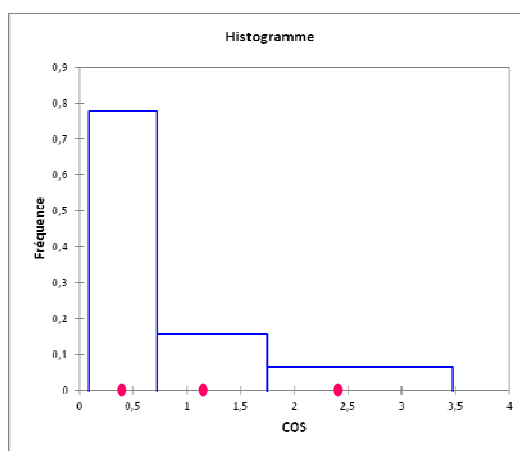


Figure 39. Exemple : Résultat de la discrétisation des COS des permis par les K-moyennes pour les petites parcelles

Le tableau ci-dessous (tableau 27) résume les scores pour les 3 actions de référence obtenus pour chacun des 4 indicateurs.

Indicateur	Méthode	Pr3	Pr2	Pr1
COS au PLU pour les petites parcelles	Effectifs égaux	0,229	0,439	1,197
	K-moyennes	0,377	1,092	2,418
COS au PLU pour les parcelles moyennes	Effectifs égaux	0,133	0,267	1,314
	K-moyennes	0,230	1,323	3,145
COS au PLU pour les grandes parcelles	Effectifs égaux	0,072	0,609	1,416
	K-moyennes	0,151	0,985	1,541
Cos au PLU pour les très grandes parcelles	Effectifs égaux	0,051	0,435	1,272
	K-moyennes	0,171	0,948	1,448

Tableau 27. Actions de référence pour les critères : COS au PLU pour chaque type de parcelle

Indicateur : COS au PLU global (pondéré par les types de parcelles)

Ce critère correspond au COS global calculé pour chaque zone, à partir des COS moyens calculés pour chaque type de parcelles et pondérés par le pourcentage de chaque type de parcelle correspondant aux permis déposés.

On reprend les scores des actions de référence calculés précédemment (COS pour chaque type de parcelle), que l'on pondère par le pourcentage de type de parcelle correspondant à l'ensemble des permis de construire déposés sur le territoire sur la période du PLU. Seuls les scores précédents obtenus avec la méthode des effectifs égaux sont utilisés.

$$Pr3 = 0,229 * 0,3 + 0,133 * 0,25 + 0,072 * 0,3 + 0,051 * 0,15 = 0,131$$

$$Pr2 = 0,439 * 0,3 + 0,267 * 0,25 + 0,609 * 0,3 + 0,435 * 0,15 = 0,446$$

$$Pr1 = 1,197 * 0,3 + 1,314 * 0,25 + 1,416 * 0,3 + 1,272 * 0,15 = 1,303$$

Indicateurs : Évolution du COS pour chaque type de parcelle

On veut comparer l'évolution du COS de chaque zone par type de parcelle par rapport à l'évolution de l'ensemble des permis déposés sur la commune, par type de parcelle. On définit les scores des actions de référence comme correspondant à 25% de l'évolution du COS pour le type de parcelle, 50% puis 75% du taux d'évolution du COS.

Le taux d'évolution global est calculé sur la base des COS par type de parcelle calculés pour tous les permis délivrés sur la commune pour les périodes du POS et du PLU.

Ainsi, pour chaque type de parcelle et à partir de l'ensemble des permis de construire :

$$Pr3 = 25 \% \text{ du taux d'évolution des COS}$$

$$Pr2 = 50 \% \text{ du taux d'évolution des COS}$$

$$Pr1 = 75\% \text{ du taux d'évolution des COS}$$

Les résultats figurent dans le tableau ci-dessous (tableau 28) :

Type de parcelle	Calcul de l'évolution du COS global (pour l'ensemble des permis déposés sur la commune) par type de parcelles	Pr3	Pr2	Pr1
Petites	$(0,622-0,509)/0,509 = 22\%$	5,5%	11%	16,5%
Moyennes	$(0,582-0,387)/0,387 = 50\%$	12,5%	25%	37,5%
Grandes	$(0,699-0,447)/0,447 = 56\%$	14%	28%	42%
Très grandes	$(0,594 -0,359)/0,359 = 65\%$. L'indicateur correspondant n'est pas pris en compte car l'indicateur n'a pas pu être calculé pour UA3, faute d'un nombre de permis de construire suffisant.	16,25%	32,5%	48,75%

Tableau 28. Actions de référence pour les indicateurs d'évolution du COS pour chaque type de parcelle

Indicateur : Évolution du COS global pondéré par les pourcentages de type de parcelle

Afin de calculer les scores des actions de référence correspondant à l'indicateur, on doit d'abord calculer l'évolution du COS global des permis déposés sur l'ensemble de la commune, à partir des COS globaux (pondérés par les pourcentages de types de parcelles) au POS et au PLU.

Ainsi, on a calculé :

$$COS\ global\ au\ PLU = 0,622 * 0,3 + 0,582 * 0,25 + 0,699 * 0,3 + 0,594 * 0,15 = 0,631$$

$$COS\ global\ au\ POS = 0,509 * 0,39 + 0,387 * 0,39 + 0,447 * 0,13 + 0,359 * 0,09 = 0,440$$

$$Taux\ d'évolution\ du\ COS\ global\ (ensemble\ de\ la\ commune) = (0,631 - 0,44) / 0,44 = 43\%$$

Les scores attribués à Pr3, Pr2, Pr1 correspondent respectivement à 25% de cette évolution globale, 50% et 75%. Soit :

$$Pr3 = 25\% * 43 = 10,75\%$$

$$Pr2 = 50\% * 43 = 21,50\%$$

$$Pr1 = 75\% * 43 = 32,25\%$$

Indicateur : Évolution du COS global calculé sur la zone d'influence des transports en commun et pondéré par les types de parcelle

Les scores sont calculés exactement comme pour l'indicateur précédent. On commence par calculer les COS globaux pondérés par les types de parcelles au POS et au PLU, en zone d'influence des transports et pour l'ensemble des zones analysées. On obtient :

$$\text{COS global au PLU} = 0,677 * 0,34 + 0,76 * 0,23 + 0,808 * 0,31 + 0,679 * 0,12 = 0,737$$

$$\text{COS global au POS} = 0,577 * 0,45 + 0,488 * 0,37 + 0,701 * 0,11 + 0,432 * 0,08 = 0,552$$

$$\text{Taux d'évolution du COS global (en zone d'influence des transports, pour l'ensemble des zones analysées)} = (0,737 - 0,552) / 0,552 = 33,5\%$$

Enfin, les scores sont les suivants :

$$\text{Pr3} = 25\% * 33,5 = 8,38\%$$

$$\text{Pr2} = 50\% * 33,5 = 16,75\%$$

$$\text{Pr1} = 75\% * 33,5 = 25,13\%$$

Indicateurs : Dispersion au regard de la valeur maximale de COS, par type de parcelle

L'idée ici est de comparer les dispersions des permis de chaque zone par type de parcelle au regard de la dispersion des permis délivrés sur l'ensemble du territoire, par type de parcelle. Par analogie avec les indicateurs du COS au PLU on utilise 2 méthodes : la première par effectifs égaux et la deuxième par les K-moyennes.

Plus précisément, on commence par identifier le permis qui présente la densité maximale pour un type de parcelle donné. Ensuite, pour chacun des permis de construire, on calcule la dispersion relative de la manière suivante :

$$\text{Disp relative}_{\text{permis}} = \frac{\sqrt{(\text{COS}_i - \text{COS}_{\text{max}})^2}}{\text{COS}_{\text{max}}}$$

On trie ensuite chacun des permis en fonction de la dispersion calculée, puis on recherche les bornes des classes grâce aux deux méthodes de discrétisation, par effectifs égaux et K-moyennes. On calcule ensuite la dispersion moyenne de chaque classe par :

$$Disp\ relative\ moyenne\ de\ chaque\ classe = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum (COS_i - COS_{max})^2}}{COS_{max}}$$

Avec N = le nombre de permis de chaque classe obtenue par la discrétisation⁹⁶, avec la méthode des effectifs égaux ou des K-moyennes.

Les schémas ci-dessous (figures 40, 41, 42) explicitent la définition des scores pour les petites parcelles, avec les deux méthodes.

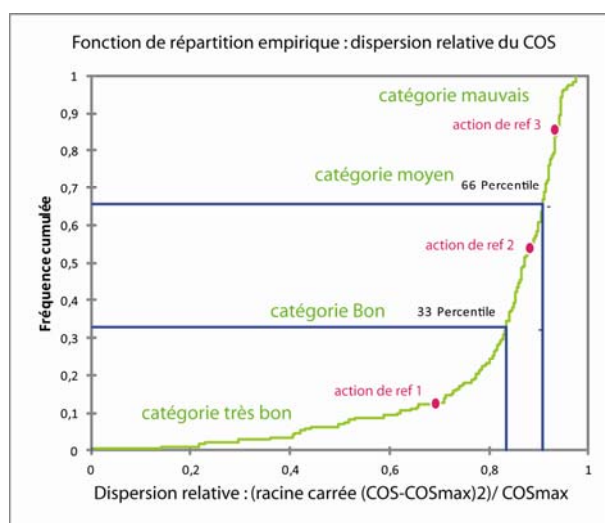


Figure 40. Exemple pour les petites parcelles - représentation de la dispersion relative du COS de chaque PC, et des actions de référence obtenues par la méthode des effectifs égaux

⁹⁶ Pour la première classe, N devient $N-1$ car la première classe comprend une valeur de dispersion égale à 0 (COS du permis = COS max pour le type de parcelle).

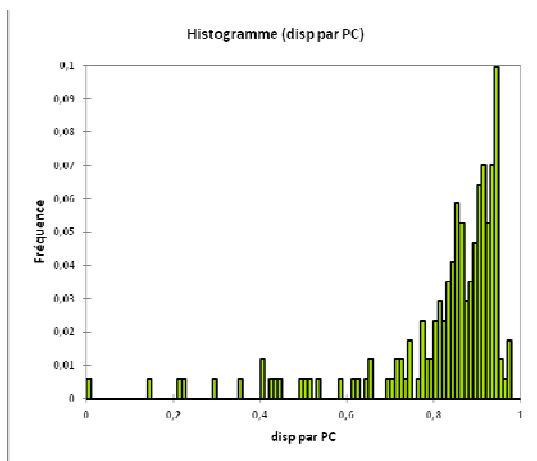


Figure 41. Exemple pour les petites parcelles : Distribution de la dispersion au regard du COS max (sur petites parcelles) pour l'ensemble des permis de construire du territoire

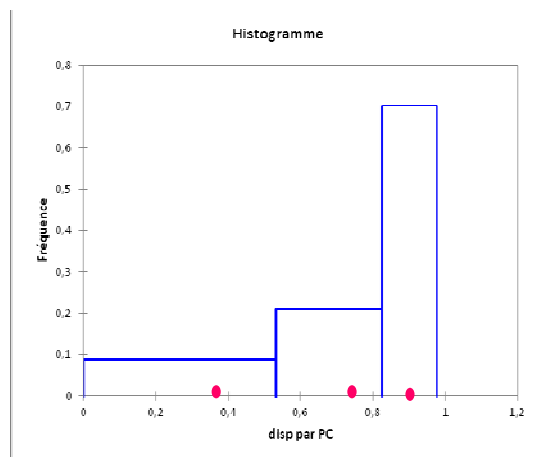


Figure 42. Exemple : résultat de la discrétisation des dispersions des COS par les K-moyennes pour les petites parcelles.

Les scores obtenus sont les suivants (tableau 29) :

Indicateur	Méthode	Pr1	Pr2	Pr3
Dispersion des COS par rapport au COS max, au PLU, pour les petites parcelles	Effectifs égaux	0,686	0,874	0,934
	K-moyennes	0,378	0,745	0,897
Dispersion des COS par rapport au COS max, au PLU, pour les parcelles moyennes	Effectifs égaux	0,652	0,922	0,962
	K-moyennes	0,592	0,809	0,948
Dispersion des COS par rapport au COS max, au PLU, pour les grandes parcelles	Effectifs égaux	0,448	0,769	0,972
	K-moyennes	0,406	0,613	0,942
Dispersion des COS par rapport au COS max, au PLU, pour les très grandes parcelles	Effectifs égaux	0,341	0,765	0,971
	K-moyennes	0,340	0,673	0,944

Tableau 29. Actions de référence pour les indicateurs de dispersion au regard de la valeur maximale de COS, par type de parcelle

Indicateur : Dispersion relative du COS globale (pondérée par les types de parcelles)

Par analogie avec le calcul des scores pour les actions de référence pour l'indicateur de COS au PLU global, on reprend les scores calculés à l'indicateur précédent (par type de parcelle), que l'on pondère par le pourcentages de type de parcelle correspondant à l'ensemble des permis de construire déposés sur le territoire sur la période du PLU. De même que pour le COS, seuls les scores précédents, obtenus avec la méthode des effectifs égaux sont utilisés.

$$Pr3 = 0,3 * 0,934 + 0,25 * 0,962 + 0,3 * 0,972 + 0,15 * 0,971 = 0,958$$

$$Pr2 = 0,3 * 0,874 + 0,25 * 0,922 + 0,3 * 0,769 + 0,15 * 0,765 = 0,838$$

$$Pr1 = 0,686 * 0,3 + 0,652 * 0,25 + 0,3 * 0,448 + 0,15 * 0,341 = 0,554$$

Indicateur : nombre d'opérations d'agrandissement de l'habitat par an et km² pour la période du PLU

Pour les zones UA3, UB1, UB2, UC1 et UC2 (hors opérationnel et contraintes impactant la constructibilité), on recense 27 opérations d'agrandissement au PLU sur 46 mois pour un territoire de 34,62 km².

On a donc une valeur de 0,204 opérations / an / km²

Les actions de référence sont définies comme étant égales respectivement à 25%, 50%, 75% de ce résultat global pour le territoire.

Ainsi, on obtient :

$$Pr3 = 25\% * 0,204 = 0,051 \text{ opérations/an/km}^2$$

$$Pr2 = 50\% * 0,204 = 0,102 \text{ opérations/an/km}^2$$

$$Pr1 = 75\% * 0,204 = 0,153 \text{ opérations/an/km}^2$$

3.2.1.3.2 Analyse multicritère sectorielle : densité (en COS) des zones calculée au PLU

Le premier test multicritère consiste à évaluer la densité des zones sur la période du PLU au regard de la densité des permis délivrés pour l'ensemble des zones analysées.

Les indicateurs retenus sont les suivants :

- COS sur les petites, moyennes, grandes, très grandes parcelles
- COS global (pondéré par les pourcentages correspondant aux différents types de parcelles)

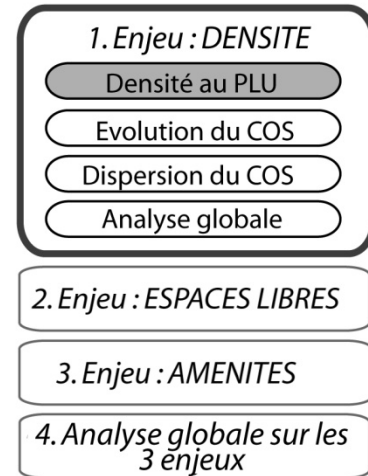


Figure 43. Étape 1 pour l'enjeu « densité »

Avec la méthode de définition des actions de référence par les K-moyennes, on retire l'indicateur du COS global pondéré par types de parcelles car celui-ci a fait l'objet d'une définition des scores pour les actions de référence en utilisant uniquement des classes d'effectifs égaux.

Dans toutes les analyses qui vont être réalisées, on s'intéresse avant tout aux résultats d'assignation pessimiste. On montre tout de même les actions pour lesquelles il y eu beaucoup d'incomparabilités (à partir de 2 actions de référence concernées). Ces résultats figurent en gris dans les tableaux de résultats. Pour ces résultats-là, on peut qualifier la situation de « médiocre ».

L'analyse multicritère sectorielle est la plus simple possible : on utilise dans ce cas des « vrais critères » (pas de seuils d'indifférence et de préférence sur nos indicateurs), pas de veto, et la pondération est égale sur l'ensemble des indicateurs. Le seuil de coupe utilisé est égal à 0,76.

Comme pour les autres analyses sectorielles, les résultats de l'analyse de robustesse sont présentés en annexe de la thèse.

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus avec les deux méthodes (figure 44) :

	UA3		UB1		UB2		UC1		UC2	
	effectifs égaux	kmeans	effectifs égaux	kmeans	effectifs égaux	kmeans	effectifs égaux	kmeans	effectifs égaux	kmeans
COS au PLU										






	meilleure : Classe 4		bon résultat : Classe 3		moyen : Classe 2		faible : Classe 1
	Résultat médiocre et incertain : beaucoup d'incomparabilités						

Figure 44. Résultats de l'analyse sectorielle : densité (en COS) au PLU

On observe que les zones les plus denses sont dans l'ordre les zones UA3, UB1 et UB2 (en classe 3), dont les règles d'urbanisme permettent d'accueillir du logement collectif. Les zones UC, où les règles ne permettent que de l'habitat individuel UC sont moins bien classées (classe moyenne voire faible pour UC2).

- **la zone UA3** présente une forte densité, au regard de la production bâtie de l'ensemble du territoire analysé.

- **la zone UB1** présente une densité forte avec la méthode des effectifs égaux, mais la méthode des k-moyennes donne un résultat plus strict. Le PLU définit la zone UB1 comme un secteur « d'habitat diversifié », ce qui semble ressortir ici⁹⁷.

- **la zone UB2** présente en effectifs égaux une densité forte, mais un résultat médiocre avec les K-moyennes. L'indicateur de densité globale de la zone UB2 est élevé au regard des zones UC2, UC1 et UB1 (COS global pondéré = 1,05 au PLU). Or ici, le résultat médiocre donné par l'analyse multicritère en K-moyennes peut être dû au fait que les densités par types de parcelles sont très variables (COS = 0,29 pour les 4% de petites parcelles, COS = 0,68 pour les 30% de très grandes parcelles, quand les moyennes et grandes obtiennent un COS supérieur à 1), et cela a pu générer des incomparabilités.

- les **zones UC1** d'habitat individuel en bande ou pavillonnaire et **la zone UC2** d'habitat majoritairement pavillonnaire, présentent des densités moyennes à faibles pour UC2. Le COS limitant égal à 0,2 peut être à l'origine de ce résultat.

⁹⁷ D'après la pièce 1C – Les choix du PADD et leur traduction réglementaire du PLU de Toulouse version 3^{ème} modification (21/12/2007).

Si on compare les deux types d'affectation, la méthode par les K-moyennes donne des résultats plus stricts.

Cela peut être dû à plusieurs raisons : soit que les actions de référence utilisant les K-moyennes et dont la discrétisation correspond à la forme de la distribution des COS de l'ensemble des permis sont plus strictes que celles définies à partir des classes d'effectifs égaux, soit que le (ou les) indicateurs qui sont retirés dans l'assignation utilisant les K-moyennes avaient auparavant un impact positif sur les résultats globaux. Ici l'indicateur retiré concerné est le COS global pondéré par types de parcelles.

3.2.1.3.3 Analyse multicritère sectorielle : évolution du COS entre les deux périodes

Ce test est destiné à classer les zones en fonction de l'évolution de leur densité, en prenant en compte les différents types de parcelles. Les zones sont classées au regard de l'évolution de la densité sur l'ensemble des zones analysées.

Les indicateurs retenus sont donc les suivants :

- Évolution du COS sur les petites, moyennes, grandes parcelles. Les très grandes parcelles ne peuvent pas être analysées car l'indicateur n'a pas pu être calculé pour la zone UA3, faute de données suffisantes
- Évolution du COS pondéré par les différents types de parcelles

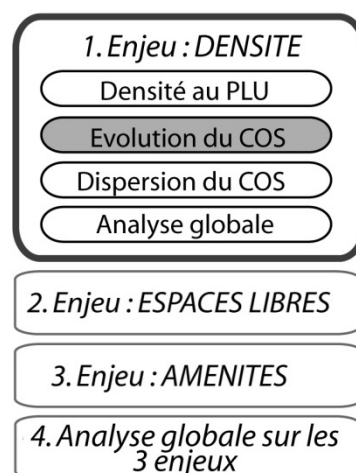


Figure 45. Étape 2 pour l'enjeu « densité »

Ici la méthode de définition des actions de référence ne prend pas en compte les K-moyennes puisque l'on définit ces actions en calculant 25%, 50% puis 75% du taux d'évolution des COS des permis déposés sur tout le territoire, pour chaque type de parcelle.

Avec le seuil de coupe égal à 0,76, on obtient beaucoup trop d'incomparabilités pour les zones, ce qui ne nous permet pas de conclure réellement sur le résultat d'assignation des zones (les zones sont assignées dans des classes « trop strictes » en mode pessimiste et « trop laxistes » en optimiste).

En baissant le seuil de coupe à 0,75, on devient alors légèrement moins strict sur le seuil de passage aux différentes classes, mais on réduit le nombre de zones qui renvoient trop d'incomparabilités, ce qui nous permet de pouvoir analyser les résultats (présentés ci-dessous, figure 46).

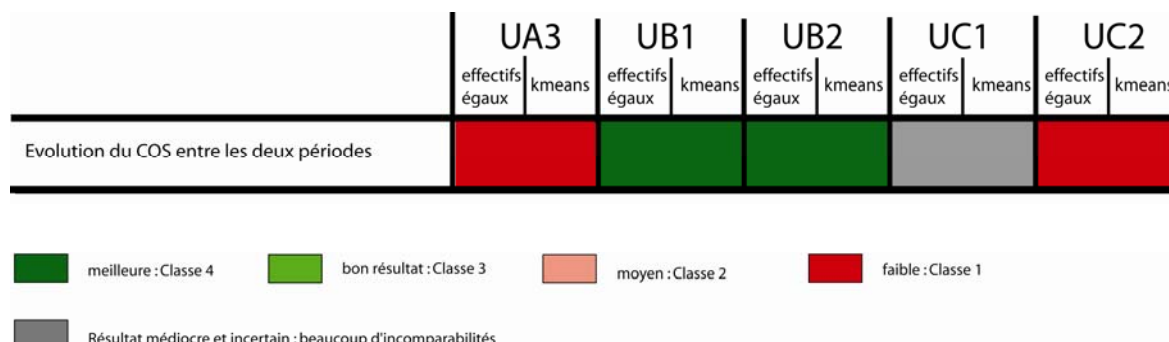


Figure 46. Résultats de l'analyse sectorielle : évolution du COS entre deux périodes.

- **La zone de faubourgs UA3**, qui est néanmoins la zone qui a le meilleur résultat de COS sur la période du PLU (égal à 1,41) est ici classée dans la pire classe pour ce qui est de l'évolution du COS du POS au PLU (classe 1). Cela est cohérent avec l'indicateur d'évolution du COS global qui a été calculé (voir le paragraphe 2.3.2 du chapitre 2 de cette partie, où l'analyse montre qu'un permis de construire dense était à l'origine de ce résultat).

- **Les zones UB1 et UB2** obtiennent, quant à elles, le meilleur résultat et sont classées toutes dans la meilleure classe (classe 4). L'évolution de leur densité est donc forte au regard de l'évolution des permis sur l'ensemble du territoire étudié.

- **la zone UC1** présente des incomparabilités avec deux actions de référence. Il faut donc être prudent quant aux conclusions pour cette zone.

- **La zone pavillonnaire UC2** est elle aussi assignée dans la plus mauvaise classe, et on peut interpréter ce résultat par l'effet du COS réglementaire limitant égal à 0,2 qui a été introduit au PLU.

3.2.1.3.4 Analyse multicritère sectorielle : dispersion de la densité au regard de la densité maximale bâtie (au PLU)

On désire ici évaluer les résultats des zones en termes d'utilisation de la constructibilité pour chaque zone, en prenant en compte les types de parcelles. Afin de trier les zones, on prend comme références, trois seuils croissants montrant l'écart entre le COS des permis et le COS maximal identifié pour l'ensemble du territoire analysé, et pour chaque type de parcelle (voir la définition des actions de référence).

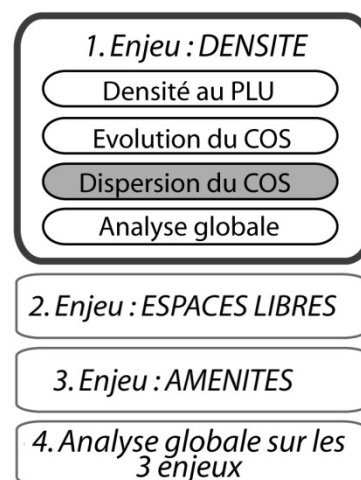


Figure 47. Étape 3 pour l'enjeu « densité »

Les indicateurs retenus pour ce test, avec les actions de référence définies par classes d'effectifs égaux sont les suivants :

- Dispersion par rapport au COS maximal déposé sur petites parcelles, sur parcelles moyennes, sur grandes parcelles et sur très grandes parcelles
- Dispersion globale (pondérée par les pourcentages correspondant aux différents types de parcelles)

Pour le test réalisé avec les actions de référence définies en utilisant la discrétisation K-moyennes, on retirera l'indicateur de dispersion globale pondérée, car celui-ci a fait l'objet d'une définition des scores pour les actions de référence en utilisant uniquement des classes d'effectifs égaux.

Le paramètre « sens d'évolution du critère » qui est entré dans ELECTRE TRI est ici « décroissant » (alors que les autres critères sont croissants), puisque l'objectif est de rechercher la dispersion la plus faible (en d'autres termes, la densité des permis est proche de la densité maximale observée). Le test de référence a été fait avec la valeur de 0,75 pour les effectifs égaux, pour limiter les incomparabilités (trop nombreuses à 0,76). Avec les K-moyennes, la valeur utilisée pour le test de référence est égale à 0,76.

Deux analyses sont effectuées pour les zones UC. La première prend en compte tous les permis de construire dans ces zones. La seconde élimine de l'analyse les permis à destination de collectif qui ont été autorisés dans les zones UC (très peu nombreux en UC2, un peu plus nombreux en UC1). On désire ici savoir si ces permis à destination d'habitats collectifs

déposés sur les zones d'habitat individuel ont un impact sur l'évaluation de leur dispersion au regard des densités maximales.

Pour ces zones, on avait calculé les indicateurs avec et sans ces permis, et on observait en effet des différences. Par exemple, pour le calcul de la dispersion totale pondérée, elle était de 0,69 pour l'ensemble des permis d'UC1 et de 0,62 pour UC2. Sans les permis à destination de collectif, on obtenait 0,63 et 0,57 respectivement.

Les résultats sont les suivants (figure 48) :

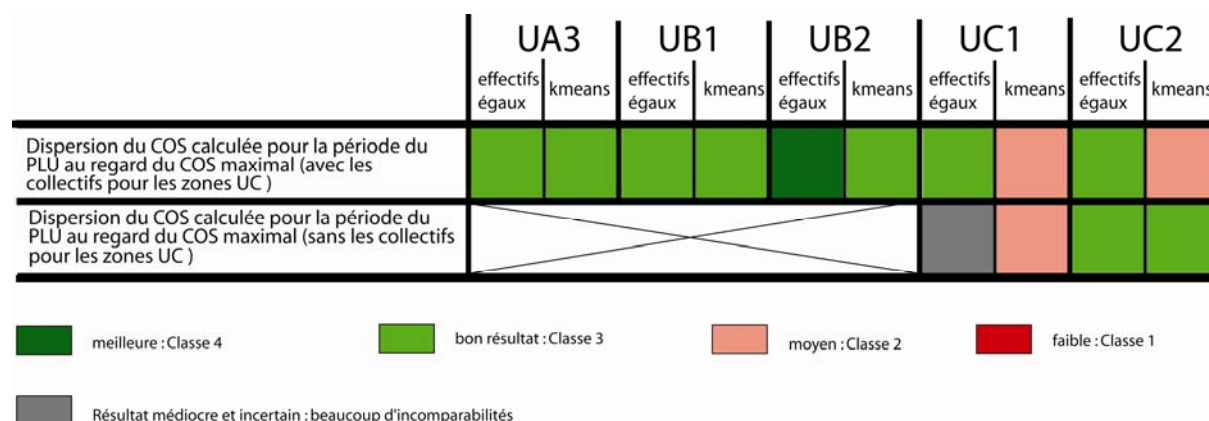


Figure 48. Résultats de l'analyse sectorielle : Dispersion de la densité au regard de la densité maximale

Dans l'ensemble, on observe que les zones obtiennent un bon résultat au regard de l'ensemble des permis du territoire, notamment avec la méthode des effectifs égaux. La dispersion des COS par rapport aux permis les plus denses de chaque zone est donc faible si on la compare à la dispersion des permis sur l'ensemble du territoire analysé.

- **Les zones UA3 et UB2** obtiennent de bons résultats, la zone UB2 présentant d'ailleurs le meilleur résultat en effectifs égaux.

- **La zone UB1** présente un résultat un peu surprenant. En effet, lors de la réalisation de l'indicateur (voir le paragraphe 2.3.4), puis de la comparaison des zones à l'aide des ACP par zones, on avait vu que le résultat de dispersion globale pondéré pour UB1 n'était pas bon (dispersion élevée). Ici, en réalisant une analyse plus fine, prenant en compte les résultats intermédiaires par type de parcelle, on voit que la situation pour UB1 est meilleure (classe 3 dans les deux cas).

Cela reflète le fait que les résultats des indicateurs synthétiques doivent être utilisés avec prudence. Il semble utile de coupler l'analyse de leurs résultats avec celles d'indicateurs

réalisés à une autre échelle ou d'indicateurs montrant un résultat intermédiaire (comme ici par type de parcelle).

- **La zone UC1** présente un bon résultat en effectifs égaux, moyen avec les K-moyennes. Si on retire les permis à destination de collectif, on observe des incomparabilités sur deux actions de référence en UC1, avec la méthode des effectifs égaux. Il est donc difficile de conclure pour cette zone avec cette méthode. Le résultat est inchangé avec les K-moyennes.

- **Pour la zone UC2**, avec la méthode des effectifs égaux, retirer les permis à destination de collectif n'a pas d'impact sur l'évaluation de la dispersion, très certainement car leur nombre est négligeable (6% au PLU). Cependant, avec les K-moyennes, le résultat pour la zone UC2 change car elle passe en classe 3 et gagne donc une classe. Ainsi, avec les K-moyennes, et contrairement aux effectifs égaux, on voit que le peu de permis à destination de collectif identifiés en UC2 a une influence sur l'affectation pour ce qui est de la dispersion par rapport aux permis les plus denses. En UC2, on rappelle que les résultats de l'indicateur correspondant avaient montré une dispersion assez forte de l'ensemble des permis de construire, qui devenait plus faible dès lors que l'on retirait les quelques permis à destination d'habitats collectifs. Ce résultat semble se confirmer ici. L'affectation avec les K-moyennes qui est fidèle au profil de la distribution semble donner un meilleur résultat pour les « maisons individuelles » d'UC2, qui présentent donc une dispersion plus faible.

3.2.1.3.5 Analyse multicritère globale pour l'enjeu « densité »

Cette analyse globale a pour objectif d'évaluer chaque zone pour l'enjeu « de densité » au regard de tous les indicateurs réalisés. On prend l'ensemble des 16 indicateurs disponibles:

- COS sur petites parcelles, sur parcelles moyennes, sur grandes parcelles, COS sur parcelles très grandes,
- COS global pondéré par les pourcentages de types de parcelles,
- Évolution du COS des petites parcelles, sur les parcelles moyennes, sur les grandes parcelles,
- Évolution du COS pondéré par les pourcentages correspondants aux types de parcelles,
- Évolution du COS en zone d'influence des transports en commun (élargie aux bus à fort cadencement),
- Dispersion du COS par rapport au COS maximal sur les petites parcelles, sur parcelles moyennes, sur grandes parcelles, sur très grandes parcelles,
- Dispersion globale du COS pondérée par les différents types de parcelles,
- Opérations d'agrandissement du bâti pour la période du PLU.

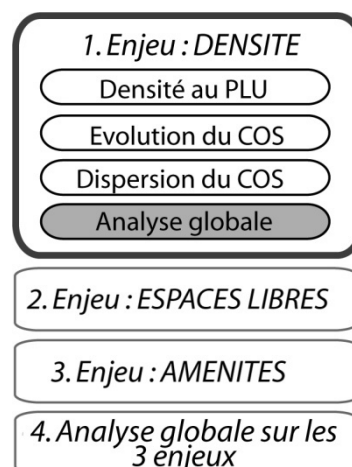


Figure 49. Etape 4 pour l'enjeu « densité »

Avec les effectifs égaux, le seuil de coupe utilisé est égal à 0,75 et à 0,76 avec les K-moyennes.

Pour le test mettant en œuvre les K-moyennes, les indicateurs de COS pondérés et de dispersion pondérée, définis en utilisant les classes d'effectifs égaux, sont retirés de l'analyse.

On définit, quand cela est possible, les seuils d'indifférence et de préférence (p et q).

Les indicateurs « d'évolution de la densité » et celui concernant les « opérations d'agrandissement » sont les plus propices à une définition de ces seuils. En effet, étant donné que les actions de référence représentent 25%, 50% ou 75% d'un taux d'évolution de la densité ou d'un nombre d'opérations d'agrandissement par an et par km² sur tout le territoire, on peut définir p et q comme un écart de 5% du taux d'évolution global calculé sur tout le territoire (pour l'indifférence) et de 10% du taux (pour la préférence). Pour les autres indicateurs (notamment ceux dont les actions de référence mettent en œuvre les K-moyennes et les effectifs égaux), le sens donné à ces deux seuils est plus difficile à interpréter. On a donc calculé les p et q seulement sur les indicateurs cités plus haut.

Les calculs des seuils p et q initiaux sont résumés ci-dessous (tableau 30) :

Indicateur	Valeur globale calculée sur le territoire⁹⁸	Seuil d'indifférence q (5% de la valeur)	Seuil de Préférence p (10% de la valeur)
Évolution du COS sur petites parcelles	22%	1,1	2,2
Évolution du COS sur parcelles moyennes	50%	2,5	5
Evolution du COS sur grandes parcelles	56%	2,8	5,6
Evolution du COS global pondéré par les types de parcelle	43%	2,15	4,3
Evolution du COS en zone d'influence des TC	34% (arrondi)	1,7	3,4
Nombre d'opérations d'agrandissement par an et par km ²	0,204	0,01	0,02

Tableau 30. Seuils d'indifférence et de préférence pour l'analyse multicritère globale de l'enjeu « densité »

De la même manière que pour les autres tests, on affecte une pondération équivalente aux 16 indicateurs, et on réalise deux analyses distinctes : une première avec les actions de référence définies en utilisant des classes d'effectifs égaux pour certains indicateurs et une seconde utilisant une discrétisation par les K-moyennes pour les mêmes indicateurs.

⁹⁸ Voir la définition des actions de référence.

- Résultats :

Les résultats obtenus sont les suivants (figure 50) :

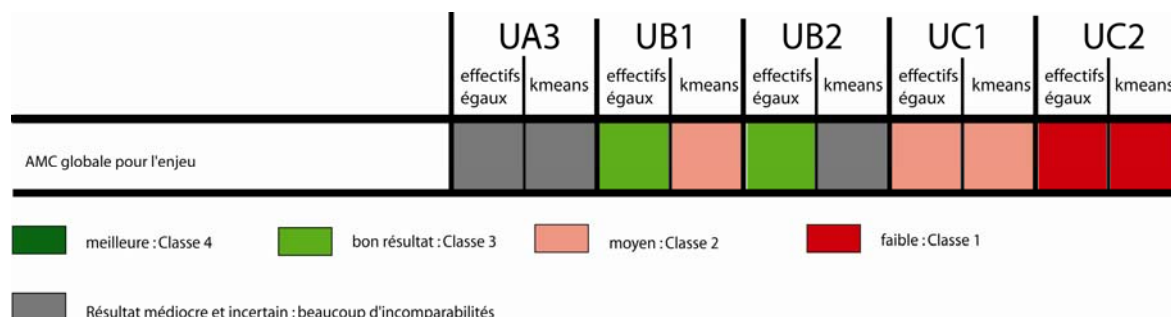


Figure 50. Résultats de l'analyse multicritère globale pour l'enjeu de densité

- On ne peut rien conclure de manière stricte **pour la zone UA3**, pour cause d'incomparabilités. Néanmoins ce résultat « médiocre » pour UA3 peut être dû à des indicateurs intermédiaires (par types de parcelles) moins bons que les indicateurs globaux, avec éventuellement l'effet de l'indicateur d'évolution de la densité pour la zone (évolution calculée comme négative, en partie due à un permis très dense pour la période du POS).

- **Les zones UB1 et UB2** obtiennent des résultats de densité correcte à moyenne, selon la méthode.

- **La zone de maisons individuelles UC1** obtient un résultat global de densité moyen et **la zone pavillonnaire UC2** un résultat mauvais

Le fait que les résultats soient pour certaines zones plus stricts avec les K-moyennes est dû aux raisons suivantes : soit les indicateurs pondérés avaient un bon résultat contrairement aux indicateurs intermédiaires par types de parcelles ; soit le calcul des actions de référence prenant en compte les K-moyennes, est plus strict.

3.2.1.3.6 Analyses de robustesse pour l'évaluation globale de l'enjeu

- Analyse de robustesse avec la méthode des effectifs-égaux :

- Analyse de robustesse sur le seuil de coupe

On désire conserver la plage de seuil de coupe [0,75 ; 0,8], qui donne des résultats stables en assignation pessimiste, celle qui nous intéresse le plus.

- Analyse de robustesse sur le ratio p/q

Initialement, on a pour chaque indicateur doté d'un seuil d'indifférence et de Préférence un ratio $p/q = 2$.

On teste la robustesse du ratio p/q avec $p/q = 1,5$ et $p/q = 3$, en faisant varier le ratio indicateur par indicateur (pour les 3 actions de référence).

On obtient les q et p à tester suivants (tableau 31) :

Indicateur	Seuil d'indifférence q initial	Seuil de Préférence p initial (ratio $p/q=2$)	Seuil de Préférence avec ratio $p/q=1,5$	Seuil de Préférence avec ratio $p/q=3$
Évolution du COS sur petites parcelles	1,1	2,2	1,65	3,30
Évolution du COS sur parcelles moyennes	2,5	5	3,75	7,50
Evolution du COS sur grandes parcelles	2,8	5,6	4,20	8,40
Evolution du COS global pondéré par les types de parcelle	2,15	4,3	3,225	6,45
Evolution du COS en zone d'influence des TC	1,7	3,4	2,55	5,10
Nombre d'opérations d'agrandissement par an et par km ²	0,01	0,02	0,015	0,03

Tableau 31. Analyse de sensibilité sur les seuils d'indifférence et de préférence de l'enjeu « densité » : variations du ratio p/q

En faisant varier ces ratios indicateur par indicateur avec les valeurs calculées ci-dessus, on ne voit aucun impact sur les résultats de l'affectation. Le ratio p/q est donc stable sur [1,5 ; 3].

- Analyse de robustesse sur p et q, en gardant un ratio stable égal à 2.

Les valeurs de p et q testées sont les suivantes (tableau 32) :

Indicateur	Seuil d'indifférence q initial	Seuil de préférence p initial	Seuils q et p divisés par 2		Seuils q et p doublés	
Évolution du COS sur petites parcelles	1,1	2,2	0,55	1,1	2,2	4,4
Évolution du COS sur parcelles moyennes	2,5	5	1,25	2,5	5	10
Evolution du COS sur grandes parcelles	2,8	5,6	1.4	2,8	5,6	11,2
Evolution du COS global pondéré par les types de parcelle	2,15	4,3	1,075	2,15	4.3	8.6
Evolution du COS en zone d'influence des TC	1,7	3,4	0,85	1,7	3.4	6.8
Nombre d'opérations d'agrandissement par an et par km2	0,01	0,02	0,005	0,01	0,02	0.04

Tableau 32. Analyse de sensibilité sur les seuils d'indifférence et de préférence de l'enjeu « densité » : variations de p et q, avec le ratio p/q égal à 2

Le fait de doubler les seuils p et q, pour l'indicateur d'évolution du COS global pondéré a une influence sur les résultats. La division par 2 de ces seuils n'a, par contre, aucun effet.

- Analyse de robustesse sur les actions de référence

On fait varier chaque action de référence sur la plage [-5% ; + 5%].

En mode pessimiste, aucun changement n'a lieu mis à part sur l'indicateur de COS au PLU sur les très grandes parcelles. Pour celui-ci, toute variation négative des scores des actions de référence sur l'indicateur a un impact (même -1%), qui fait gagner une classe à la zone pavillonnaire UC2. Les variations positives n'ont aucun effet sur les résultats.

Pour ce test multicritère, les variations de +5% sur tous les indicateurs donnent des résultats robustes. L'indicateur de COS au PLU pour les très grandes parcelles est sensible aux variations négatives, même les plus petites.

- Analyse de robustesse pour le test avec les K-moyennes :

On réalise l'analyse de robustesse en prenant exactement les mêmes paramètres q et p que ci-dessus.

Le seuil de coupe donne des résultats stables sur $[0,75 ; 0,82]$.

- Analyse de robustesse sur les seuils de préférence et d'indifférence p et q

Le ratio p/q reste stable sur $[1,5 ; 3]$.

Aussi, avec un ratio égal à deux, p et q sont stables sur $[0,5 q, 2q]$ et $[0,5 p, 2p]$.

- Analyse de robustesse sur les actions de référence

Enfin, une modification des scores attribués aux actions de référence sur la plage $[-5\% ; +5\%]$ n'a aucun effet sur les résultats d'assignation.

3.2.1.3.7 Conclusion : résultats significatifs pour la « densité »

La figure ci-dessous (figure 51) résume les résultats obtenus dans les analyses sectorielles, puis globales, en mode pessimiste uniquement.

Synthèse des résultats, pour l'enjeu de "densité"

	UA3		UB1		UB2		UC1		UC2	
	effectifs égaux	kmeans	effectifs égaux	kmeans	effectifs égaux	kmeans	effectifs égaux	kmeans	effectifs égaux	kmeans
COS au PLU										
Evolution du COS entre les deux périodes										
Dispersion du COS calculé pour la période du PLU au regard du COS maximal (avec les permis à destination de collectifs pour les zones UC)										
Dispersion du COS calculé pour la période du PLU au regard du COS maximal (sans les permis à destination de collectifs pour les zones UC)										
AMC globale pour l'enjeu										

	meilleure : Classe 4
	bon résultat : Classe 3
	moyen : Classe 2
	faible : Classe 1
	Résultat médiocre et incertain : beaucoup d'incomparabilités

Figure 51. Synthèse des résultats pour le critère « densité », en procédure pessimiste

- **La zone de faubourgs UA3** obtient les résultats les plus élevés, pour tous les tests relatifs à la densité, excepté son évolution entre deux périodes.

- **La zone UB1** (habitat diversifié) **et la zone UB2** (collectifs majoritairement) obtiennent des résultats semblables dans l'ensemble, c'est-à-dire bons à très bons pour les tests mettant en œuvre les effectifs égaux.

Pour les tests utilisant la discrétisation par les k-moyennes, les résultats sont plus mitigés pour le COS au PLU en UB1 et UB2. Pour le COS uniquement au PLU, UB1 présente des formes bâties variées, cela peut donc influencer ce résultat. Pour UB2, on peut penser que ce résultat est dû à un COS moyen faible pour les 4% de permis déposés sur des petites parcelles qui affaiblit le résultat et génère des incomparabilités. Les dispersions prises seules

pour ces deux zones obtiennent de bons (à très bons) résultats, ce qui montre une certaine homogénéité des permis au regard des permis les plus denses, comparés aux dispersions des permis de l'ensemble du territoire.

- **La zone UC1** (dominante d'habitat individuel en bande ou pavillonnaire), obtient dans l'ensemble des résultats moyens pour la densité, cela est cohérent avec la forme bâtie dominante.

- **La zone pavillonnaire UC2** a de bons résultats uniquement pour la dispersion au regard des COS maximaux (les pavillons présentent une certaine homogénéité en terme de densité approchant la densité des pavillons les plus denses). Pour le reste, la zone UC2 présente les résultats les plus faibles du point de vue de la densité, et cela est cohérent avec la règle de COS limitant fixé à 0,2 et instauré lors de la création du PLU pour cette zone.

On observe aussi que l'assignation utilisant les actions de référence définies par les K-moyennes donne toujours des résultats plus stricts que l'assignation utilisant les classes d'effectifs égaux. Deux éléments peuvent avoir une influence sur cette observation : Premièrement, le fait que les actions de référence définies par les K-moyennes, et qui reflètent la distribution des valeurs de COS et CESL des permis peuvent être plus stricts que les actions de référence définies avec les classes d'effectifs égaux.

Deuxièmement, le fait de retirer les indicateurs de COS pondérés et de dispersion pondérés (indicateurs synthétiques pour chaque zone) peut aussi influencer ce résultat ; dans les assignations par les K-moyennes on ne prend en compte que les COS et CESL intermédiaires calculés pour chaque type de parcelles, tandis qu'avec l'autre méthode, on rajoute la synthèse pondérée de ces COS intermédiaires. Ces deux méthodes peuvent avoir des objectifs différents : la première est plus complète, et compare les permis par rapport à la production totale et surtout par rapport à des effectifs (comparaison au regard des 33% de plus petits COS déposés sur le territoire..., des 33% à 66%,...).

La seconde permet de comparer chaque zone au regard du comportement réel des COS et CESL déposés sur l'ensemble du territoire (l'idée étant de comparer avec la distribution, et ses seuils). De plus, cette seconde analyse ne prend pas en compte les indicateurs synthétiques pondérés de COS et CESL. On reste donc sur les indicateurs de COS et CESL par type de parcelle, ce qui peut permettre une analyse plus fine en vue d'une aide à la décision qu'un indicateur synthétique.

La dernière remarque que l'on peut formuler concerne l'intérêt des évaluations globales pour un enjeu, qui mobilisent l'ensemble des indicateurs, face aux évaluations sectorielles.

En effet, il semble que l'intérêt d'une analyse globale pour l'enjeu de « densité » permette surtout de réaliser une synthèse finale des résultats. Grâce à celle-ci, les rédacteurs des PLU peuvent s'assurer de la cohérence entre le « classement » des zones et les densités qu'ils ont prévu par le biais d'un jeu de règles d'urbanisme complexes. Cependant, le fait que différents thèmes de l'enjeu soient pris en compte en même temps ne facilite pas une prise de décision face aux résultats. En plus de cette analyse ex-post globale, les évaluations « sectorielles », thématiques, permettent d'obtenir des résultats plus fins, qui en définitive favorisent la compréhension de l'effet ex-post des règles, quitte à les modifier par la suite.

3.2.1.4 Évaluation multicritère pour l'enjeu « espaces libres »

Pour cet enjeu, 2 évaluations sectorielles ont été réalisées :

- 1. Sur les espaces libres (CESL) pour la période du PLU
- 2. Sur la dispersion des CESL au regard des CESL maximaux pour la période du PLU

Enfin, une analyse globale porte sur l'ensemble des thèmes analysés de manière séparée aux 2 points précédents

3.2.1.4.1 Définition des actions de référence, par effectifs égaux et K-moyennes

Les indicateurs de l'enjeu « espaces libres » sont élaborés sur le même modèle que les indicateurs de l'enjeu « densité », la méthode de définition des actions de référence est, donc, elle aussi, similaire.

Indicateurs : CESL au PLU pour chaque type de parcelle

La première méthode employée pour la définition des scores est la méthode des effectifs égaux ; la seconde méthode met en œuvre une discrétisation par les K- moyennes (voir les figures 52 et 53).

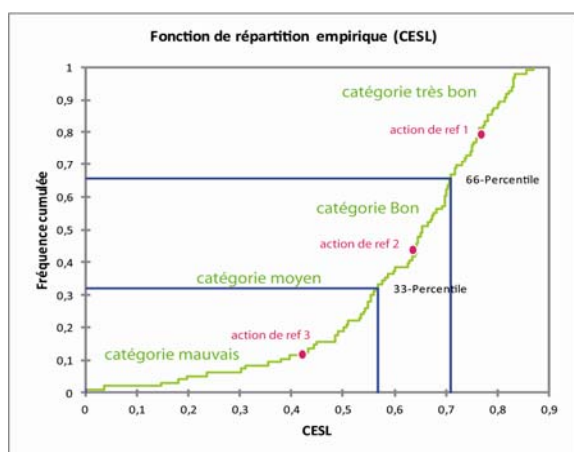


Figure 52. Exemple pour les petites parcelles - représentation des CESL, des actions de référence obtenues par classes d'effectifs égaux et des classes de l'AMC

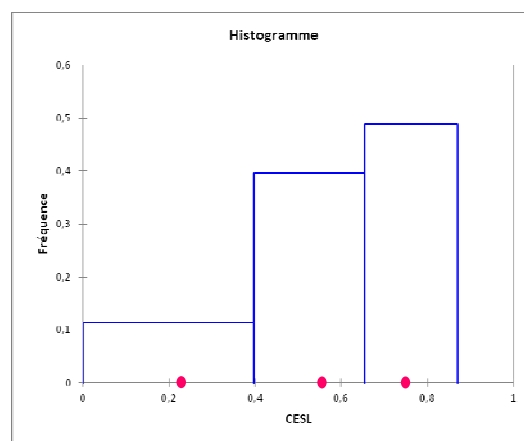


Figure 53. Discrétisation des CESL des permis par les K-moyennes pour les petites parcelles (3 classes).

Le tableau ci-dessous (tableau 33) résume les scores pour les 3 actions de référence obtenus pour chacun des 4 indicateurs. L'indicateur de CESL au PLU pour les très grandes parcelles est retiré car pour l'ensemble des zones analysées seuls 3 permis de construire sont disponibles. De ce fait, toutes les zones n'ont pas de résultat pour cet indicateur faute de permis (voir le chapitre présentant les indicateurs).

Indicateur	Méthode	Pr3	Pr2	Pr1
CESL au PLU pour les petites parcelles	Effectifs égaux	0,417	0,657	0,783
	K-moyennes	0,232	0,564	0,754
CESL au PLU pour les parcelles moyennes	Effectifs égaux	0,625	0,794	0,869
	K-moyennes	0,521	0,775	0,867
CESL au PLU pour les grandes parcelles	Effectifs égaux	0,532	0,669	0,862
	K-moyennes	0,559	0,738	0,898
CESL au PLU pour les très grandes parcelles	3 données permis de construire seulement, donc pas de définition fiable possible d'action de référence (indicateur retiré)			

Tableau 33. Actions de référence pour les indicateurs : CESL au PLU pour chaque type de parcelle

Indicateur : CESL au PLU global (pondéré par les types de parcelles)

Les scores obtenus aux indicateurs précédents (CESL par types de parcelles) sont repris et pondérés par le pourcentage de type de parcelles correspondant aux permis analysés pour le CESL, et sur l'ensemble des zones analysées. De la même manière que pour le COS au PLU global, seuls les scores précédents obtenus avec la méthode des effectifs égaux sont utilisés.

$$Pr3 = 0,417*0,53 + 0,625*0,28 + 0,532*0,17 = 0,486$$

$$Pr2 = 0,657*0,53 + 0,794*0,28 + 0,669*0,17 = 0,684$$

$$Pr1 = 0,783*0,53 + 0,869*0,28 + 0,862*0,17 = 0,805$$

Ici aussi, faute de données sur les très grandes parcelles, (correspondant à 2% des données disponibles), on les retire de l'analyse.

Indicateur : Évolution du CESL pondéré par les pourcentages de type de parcelle

Les données disponibles, au moment du POS et pour chaque zone, pour calculer l'évolution du CESL pour les types de parcelles étant insuffisantes, les indicateurs d'évolution du CESL du POS au PLU par types de parcelles ne peuvent être calculés.

On utilise donc uniquement l'indicateur d'évolution globale du CESL, pondéré par les types de parcelles.

On commence par calculer l'évolution du CESL global des permis déposés sur l'ensemble du territoire analysé. On obtient :

$$CESL \text{ global au PLU} = 0,619 * 0,53 + 0,763 * 0,28 + 0,694 * 0,17 + 0,483 * 0,02 = 0,669$$

$$CESL \text{ global au POS} = 0,650 * 0,48 + 0,820 * 0,36 + 0,866 * 0,11 + 0,885 * 0,06 = 0,756$$

$$\text{Taux d'évolution du CESL global} = (0,669 - 0,756) / 0,756 = -11,5\%$$

Étant donné que l'évolution globale est négative, on part du principe qu'au dessus de 25% de l'évolution négative, (cela vaut donc pour les zones ayant des résultats positifs), on considère que le résultat est satisfaisant. En revanche, au-delà de 75% de l'évolution négative, on considère que l'on tend vers les moins bons résultats. Au final, on a :

$$Pr1 = 25\% * -11,5 = -2,88 \%$$

$$Pr2 = 50\% * -11,5 = -5,75 \%$$

$$Pr3 = 75\% * -11,5 = -8,63 \%$$

Indicateurs : Dispersion au regard de la valeur maximale de CESL, par type de parcelle

Exactement comme pour la dispersion des COS, on affecte à cet indicateur un sens décroissant et on définit les actions de référence grâce aux deux méthodes. L'indicateur de dispersion du CESL pour les très grandes parcelles est retiré, faute de données disponibles.

Les schémas ci-dessous montrent les résultats obtenus pour les petites parcelles (figures 54 et 55).

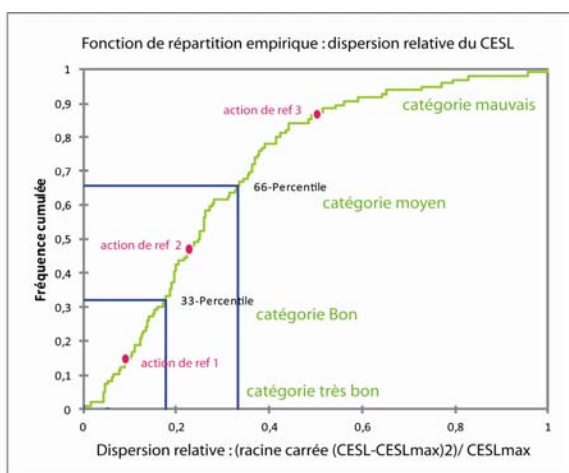


Figure 54. Exemple pour les petites parcelles - représentation de la dispersion relative du CESL de chaque PC, et des actions de référence obtenues par la méthode des effectifs égaux

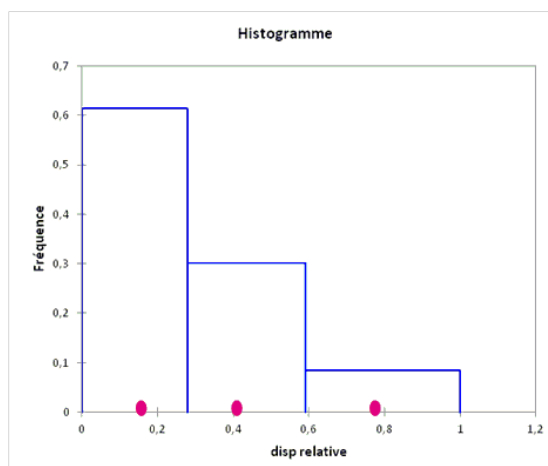


Figure 55. Exemple : petites parcelles : résultat de la discrétisation des dispersions des CESL par les K-moyennes pour les petites parcelles.

Le tableau suivant synthétise les résultats (tableau 34) :

Indicateur	Méthode	Pr1	Pr2	Pr3
Dispersion des CESL par rapport au CESL max, au PLU, pour les petites parcelles	Effectifs égaux	0,113	0,249	0,552
	K-moyennes	0,177	0,407	0,785
Dispersion des CESL par rapport au CESL max, au PLU, pour les parcelles moyennes	Effectifs égaux	0,064	0,138	0,367
	K-moyennes	0,127	0,312	0,671
Dispersion des CESL par rapport au CESL max, au PLU, pour les grandes parcelles	Effectifs égaux	0,077	0,261	0,419
	K-moyennes	0,088	0,292	0,497
Dispersion des CESL par rapport au CESL max, au PLU, pour les très grandes parcelles	Nombre de données insuffisant, donc pas de définition fiable possible d'action de référence – indicateur retiré			

Tableau 34. Actions de référence pour les indicateurs de dispersion au regard de la valeur maximale de CESL, par type de parcelle

Indicateur : Dispersion relative du CESL globale (pondérée par les types de parcelles)

On pondère les résultats obtenus précédemment par type de parcelle par les pourcentages correspondant aux différents types. On obtient les trois scores suivants :

$$Pr3 = 0,552 * 0,53 + 0,367 * 0,28 + 0,419 * 0,17 = 0,467$$

$$Pr2 = 0,249 * 0,53 + 0,138 * 0,28 + 0,261 * 0,17 = 0,215$$

$$Pr1 = 0,113 * 0,53 + 0,064 * 0,28 + 0,077 * 0,17 = 0,091$$

3.2.1.4.2 Analyse multicritère sectorielle : coefficient d'emprise au sol libre (CESL) au PLU

On va ici trier les zones en fonction de leur taux d'espaces libres privés calculé sur la période du PLU, par rapport au taux calculé, pour l'ensemble des zones analysées.

Les indicateurs retenus sont les suivants :

- CESL au PLU sur les petites, moyennes, grandes parcelles,
- CESL global (pondéré par les pourcentages correspondants aux différents types de parcelles).

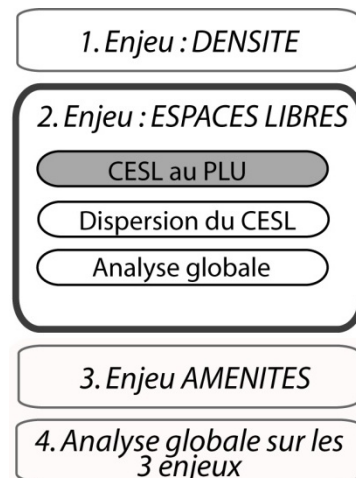


Figure 56. Etape 1 pour l'enjeu « espaces libres »

Comme pour la thématique « densité », avec la méthode K-moyennes, on retire l'indicateur de CESL global pondéré par les types de parcelles car cet indicateur n'a fait l'objet d'une définition des scores des actions de référence que par classes d'effectifs égaux.

Pour ce test, comme pour les analyses sectorielles de l'enjeu de « densité », la pondération est équivalente sur chacun des indicateurs, et on ne met pas de seuils d'indifférence, ni de préférence, ni de veto.

Le seuil de coupe du test de référence est égal à 0,75 pour les effectifs égaux, et 0,76 pour les k-moyennes.

Les résultats sont les suivants (figure 57) :

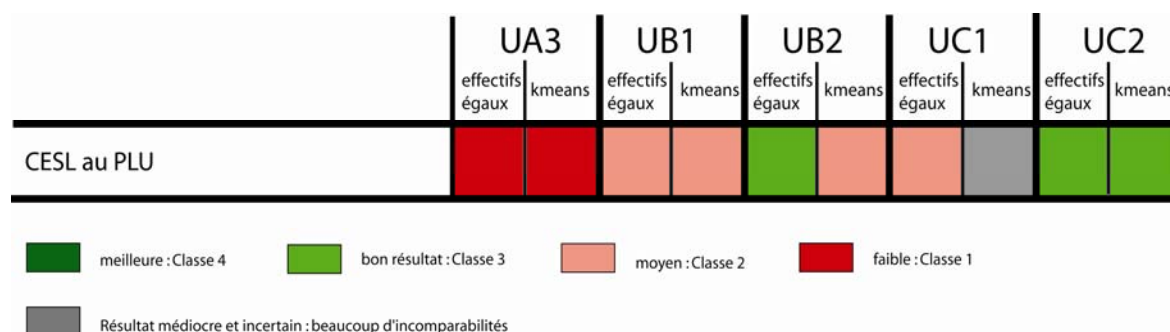


Figure 57. Résultats de l'analyse sectorielle : Proportion d'espaces libres privés (CESL) au PLU

- **La zone UA3** des faubourgs obtient le moins bon résultat et confirme ce que l'on avait observé lors de la réalisation des indicateurs et les analyses statistiques factorielles (ACP), à savoir la plus faible proportion d'espaces libres sur les parcelles pour les zones analysées.

- **Les zones UB1 et UC1** obtiennent un résultat moyen. Dans les analyses factorielles, ce résultat pour UC1 n'apparaissait pas aussi clairement. Cela est dû au fait que même si l'indicateur synthétique global de CESL pondéré par les types de parcelles est bon pour UC1 (il est même semblable à celui d'UB2, de l'ordre de 0,7), la note de 0,54 pour les grandes parcelles d'UC1 (qui ne sont que 3% cependant) abaisse ce résultat. Avec la méthode des K-moyennes, il est délicat de juger des résultats de la zone UC1 car 2 incomparabilités sont relevées.

- **Les zones UB2 d'habitat collectif et la zone UC2** d'habitat individuel dans sa forme pavillonnaire se retrouvent dans la classe renvoyant de bons résultats. Cela semble cohérent avec la caractéristique « pavillonnaire » de la zone UC2, car elle présente une forte proportion de jardins.

Si on compare les 2 assignations, la méthode des K-moyennes génère des résultats plus stricts, pour UC1 donc mais aussi UB2, qui était auparavant en classe « bonne » et est affectée ici en classe moyenne, au même titre qu'UB1.

UA3 confirme son mauvais résultat et UC2 un bon résultat avec cette méthode.

3.2.1.4.3 Analyse multicritère sectorielle : dispersion de la proportion d'espaces libres au regard de la proportion maximale (au PLU)

Exactement comme on l'a fait pour les COS, on désire ici trier les zones selon leurs résultats de dispersion concernant les espaces non bâtis.

Les indicateurs retenus (en sens décroissant dans ELECTRE TRI) sont les suivants :

- Dispersion du CESL au regard de la valeur maximale de CESL sur petites parcelles, sur parcelles moyennes, sur grandes parcelles
- Dispersion globale (pondérée par les pourcentages correspondants aux types de parcelles)

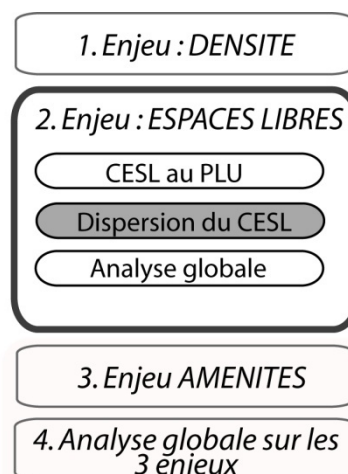


Figure 58. Etape 2 pour l'enjeu « espaces libres »

Avec la méthode des K-moyennes, on retire l'indicateur de dispersion globale pondérée par les différents types de parcelles. Ainsi, il reste pour ce test les dispersions sur les petites parcelles, sur les parcelles moyennes et sur les grandes parcelles.

Le seuil de coupe du test de référence est égal à 0,75 pour les effectifs égaux, et 0,76 pour les k-moyennes.

La figure ci-dessous renvoie les résultats de ce test (figure 59).

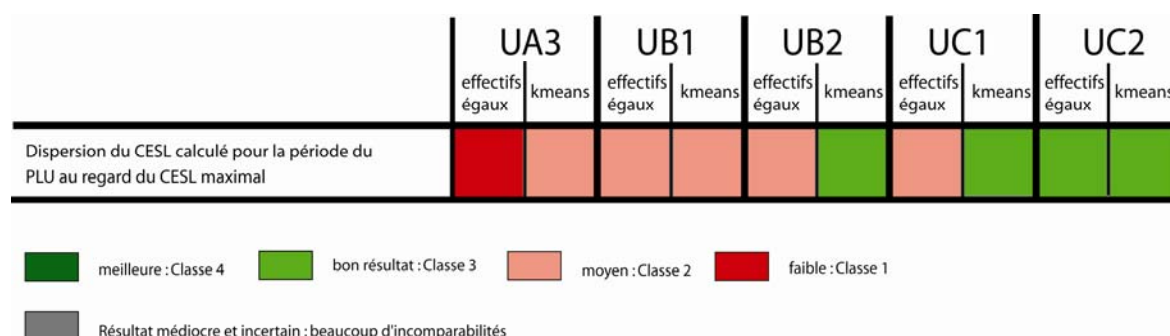


Figure 59. Résultats de l'analyse sectorielle : Dispersion de la proportion d'espaces libres privés (CESL) au PLU au regard de la proportion maximale

- **La zone UA3**, avec la méthode des effectifs égaux, obtient un mauvais résultat. Ainsi, la zone UA3, en plus d'avoir le plus faible taux d'espaces privés non bâtis au PLU présente aussi la plus grande dispersion par rapport au taux maximal rencontré. Ce résultat confirme ce que l'on avait vu dans l'analyse des indicateurs et le bilan par ACP. Avec la méthode des K-moyennes, le résultat est moyen.

- **Les zones UB1, UB2 et UC1** obtiennent des résultats moyens avec la méthode des effectifs égaux. Ainsi, si dans l'analyse des indicateurs on avait pu voir que les dispersions relatives globales (pondérées) calculées étaient peu élevées pour ces trois zones, dès lors que l'on compare le résultat des zones au regard de l'ensemble des permis analysés sur le territoire (donc toutes zones analysées comprises), et en prenant aussi les indicateurs donnant un résultat par types de parcelles, le résultat est plus mitigé.

Les zones UB2 et UC1 obtiennent cependant de meilleurs résultats avec les K-moyennes.

- **La zone UC2** confirme cette homogénéité au regard des valeurs de taux d'espaces libres les plus élevées. La proportion d'espaces libres (de « jardins » en l'occurrence pour cette zone) est élevée et, en plus, les « jardins » sont de tailles assez homogènes.

Les scores attribués aux actions de référence pour ces indicateurs de dispersion du CESL sont moins stricts pour les K-moyennes qu'avec les effectifs égaux, et de ce fait, les résultats sont meilleurs. Finalement, avec les K-moyennes, méthode représentative de la distribution de la dispersion de l'ensemble des permis, on retrouve les résultats intuitifs obtenus en comparant directement les résultats des indicateurs (on avait déduit d'une dispersion faible pour les zones), sauf pour UB1 qui obtient toujours un résultat moyen en analyse multicritère.

3.2.1.4.4 Analyse multicritère globale pour l'enjeu « espaces libres »

On évalue chaque zone au regard de l'ensemble des 9 indicateurs caractérisant cet enjeu :

- CESL au PLU sur petites, moyennes et grandes parcelles
- CESL pondéré par les différents types de parcelles
- Évolution du CESL sur les deux périodes (basée sur les CESL globaux pondérés par les différents types de parcelles)
- Dispersion du CESL par rapport au CESL maximal pour les petites, moyennes et grandes parcelles
- Dispersion globale du CESL pondérée par les différents types de parcelles.

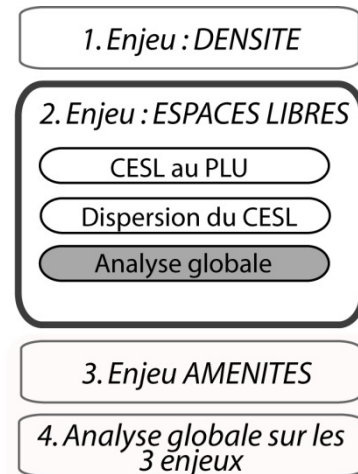


Figure 60. Étape 3 pour l'enjeu « espaces libres »

Le test mettant en œuvre les K-moyennes ne prend pas en compte les indicateurs de CESL pondéré et de dispersion pondérée. Cette seconde analyse se base donc sur 7 indicateurs et non plus 9.

Pour ce test global, on rajoute des seuils d'indifférence et de préférence p et q pour l'indicateur d'évolution du CESL global (pondéré par les différents types de parcelles) seulement, car c'est l'indicateur qui se prête le mieux du point de vue du sens à la définition de ces seuils.

La valeur globale d'évolution calculée sur tout le territoire est égale à -11,5% (cette valeur a servi à la définition des 3 actions de référence pour cet indicateur, voir le paragraphe 3.2.1.4.1 « définition des actions de référence »).

Ainsi, on définit p et q comme un écart en valeur absolue de 5% du taux d'évolution global (pour l'indifférence) et de 10% du même taux (pour la Préférence). On a donc $q = 0,58\%$ (arrondi) et $p = 1,15\%$

Les résultats obtenus sont les suivants (figure 61) :

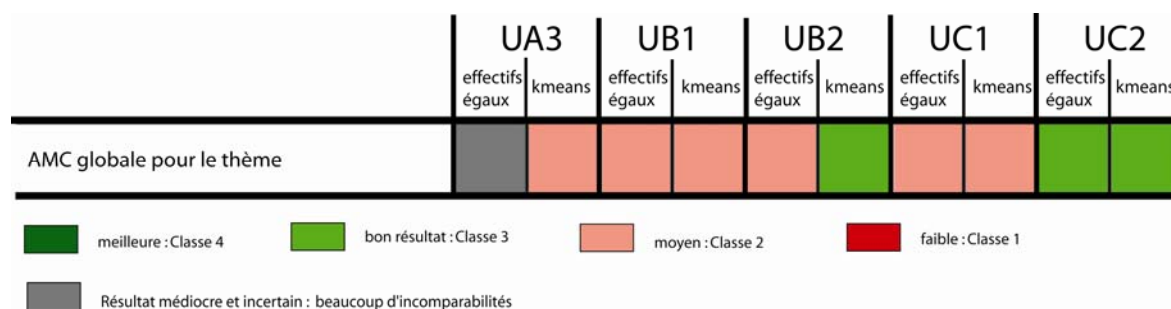


Figure 61. Résultats de l'analyse multicritère globale pour l'enjeu « espaces libres »

Avec ce test, on observe d'abord qu'aucune zone n'est assignée dans la meilleure classe. Les zones UA3, UB1, UC1 obtiennent un résultat moyen. UB2 obtient un résultat moyen à bon (en K-moyennes), et UC2 un bon résultat dans les deux cas.

3.2.1.4.5 Analyses de robustesse pour l'évaluation globale de l'enjeu

- Analyses de robustesse pour la méthode des effectifs égaux

- Analyse de robustesse sur le seuil de coupe

Le seuil de coupe donne des résultats stables sur [0,7 ; 0,85], sans générer trop d'incomparabilités. La valeur utilisée pour le test de référence est égale à 0,76.

- Analyse de robustesse sur le ratio p/q

Seul l'indicateur d'évolution du CESL est concerné par ces paramètres. On teste la robustesse du ratio p/q avec $p/q = 1,5$ et $p/q = 3$, en faisant varier le ratio sur l'indicateur concerné (pour les 3 actions de référence).

On obtient les q et p à tester suivants (tableau 35) :

Seuil d'indifférence q initial (ratio p/q = 2)	Seuil de Préférence p initial (ratio p/q=2)	Seuil de Préférence p avec ratio p/q=1,5	Seuil de Préférence p avec ratio p/q=3
0,58	1,15	0,87	1,74

Tableau 35. Analyse de sensibilité sur les seuils d'indifférences et de préférence de l'enjeu « espaces libres » : variations du ratio p/q

Le test de sensibilité n'entraîne aucune variation. Ainsi, le ratio p/q est stable sur $[0,5 ; 3]$.

- Analyse de robustesse sur p et q , en gardant un ratio stable égal à 2

Ici, on garde un ratio p/q égal à 2, et on va faire varier p et q pour l'indicateur d'évolution globale du CESL. Comme pour les autres analyses de robustesse, on va tester des p et q divisés par deux, puis doublés (tableau 36).

Seuil d'indifférence q initial (ratio $p/q = 2$)	Seuil de Préférence p initial (ratio $p/q=2$)	Seuils q et p divisés de moitié	Seuils q et p doublés
0,58	1,15	$q = 0,29 ; p = 0,58$	$q = 1,15 ; p = 2,3$

Tableau 36. Analyse de sensibilité sur les seuils d'indifférences et de préférence de l'enjeu « espaces libres » : variations des seuils d'indifférence et de préférence, en gardant p/q égal à 2

En réalisant les analyses de sensibilités, indicateur par indicateur, on ne voit aucune influence sur les résultats.

Avec un ratio égal à 2, p et q sont stables sur $[0,5 q ; 2 q]$ et $[0,5 p ; 2 p]$.

- Analyse de robustesse sur les actions de référence

On donne uniquement les variations observées en mode pessimiste, car c'est celui qui nous intéresse le plus. On observe que sur la plage de variation $[-5\% ; +5\%]$ les résultats sont stables.

- Analyses de robustesse pour la méthode des K-moyennes

Le résultat reste stable avec un seuil de coupe variant sur $[0,75 ; 0,8]$. Le seuil de coupe utilisé pour le test de référence vaut 0,76.

- Analyse de robustesse sur le ratio p/q

Les valeurs de p et q à tester sont les mêmes que pour le test précédent, et on obtient un ratio p/q stable sur $[0,5 ; 3]$.

- Analyse de robustesse sur p et q, en gardant un ratio stable égal à 2

Avec le ratio p/q égal à 2, et en divisant et doublant les valeurs de p et q comme Précédemment, on obtient les résultats suivants :

- si on divise p et q par deux : l'assignation change pour la zone UB2 qui passe en classe 2 en mode pessimiste
- si on double les valeurs, il n'y a aucun effet sur les résultats.

Ainsi, avec un ratio égal à 2, p et q sont stables sur $[q ; 2q]$ et $[p ; 2p]$.

- Analyse de robustesse sur les actions de référence

Les indicateurs sensibles aux variations sont les suivants :

- le CESL sur les parcelles moyennes est sensible à une variation de +5%, faisant passer la zone UB2 dans la classe correspondant à des résultats moyens. Une variation de +3% donne des résultats stables.

- la dispersion du CESL pour les grandes parcelles est sensible à une variation de -5%, car cela fait passer la zone UB2 dans la classe moyenne. Après avoir testé d'autres valeurs, on observe que cet indicateur est sensible à toute variation négative.

Ainsi, tout indicateur confondu, la plage de variation $[0 ; +3\%]$ donne des résultats stables, et cela est dû à deux indicateurs, dont un qui ne tolère aucune variation négative.

3.2.1.4.6 Conclusion : résultats significatifs pour les « espaces libres »

Ce tableau résume l'ensemble des résultats obtenus dans les différents tests multicritères, en mode pessimiste uniquement (figure 62).

Synthèse des résultats, pour l'enjeu "espaces libres"

	UA3		UB1		UB2		UC1		UC2	
	effectifs égaux	kmeans	effectifs égaux	kmeans	effectifs égaux	kmeans	effectifs égaux	kmeans	effectifs égaux	kmeans
CESL au PLU	faible : Classe 1	faible : Classe 1	moyen : Classe 2	moyen : Classe 2	bon résultat : Classe 3	moyen : Classe 2	moyen : Classe 2	Résultat médiocre et incertain : beaucoup d'incomparabilités	bon résultat : Classe 3	bon résultat : Classe 3
Dispersion du CESL calculé pour la période du PLU au regard du CESL maximal	faible : Classe 1	moyen : Classe 2	moyen : Classe 2	moyen : Classe 2	moyen : Classe 2	bon résultat : Classe 3	moyen : Classe 2	bon résultat : Classe 3	bon résultat : Classe 3	bon résultat : Classe 3
AMC globale pour le thème	Résultat médiocre et incertain : beaucoup d'incomparabilités	moyen : Classe 2	moyen : Classe 2	moyen : Classe 2	moyen : Classe 2	bon résultat : Classe 3	moyen : Classe 2	moyen : Classe 2	bon résultat : Classe 3	bon résultat : Classe 3

meilleure : Classe 4
 bon résultat : Classe 3
 moyen : Classe 2
 faible : Classe 1
 Résultat médiocre et incertain : beaucoup d'incomparabilités

Figure 62. Synthèse des résultats pour le critère « espaces libres », en procédure pessimiste

- **La zone de faubourgs UA3** obtient les plus mauvais résultats par rapport à l'enjeu « espaces libres », (assignations en plus mauvaise classe ou en classe moyenne). La proportion d'espaces libres privés au PLU est la plus mauvaise des zones analysées, et, de plus, la marge de manœuvre par rapport aux valeurs maximales de taux d'espaces libres est forte.
- **La zone d'habitat diversifié UB1** obtient des résultats moyens sur tous les tests.
- **La zone d'habitat individuel UC1** a un comportement proche d'UB1, mais son résultat pour le test de dispersion en K-moyennes est meilleur qu'en UB1.
- **La zone à dominante d'habitat collectif UB2** montre des résultats meilleurs, car, pour chaque test, les résultats varient entre un résultat moyen et un bon résultat, qui dépendent en fait de la définition des actions de référence.

- Enfin, **la zone pavillonnaire d'UC2** obtient de bons résultats (classe 3) pour tous les tests : taux d'espaces libres au PLU, et homogénéité par rapport aux valeurs maximales d'espaces libres analysés.

Il est intéressant de voir que contrairement à la thématique densité, ici c'est l'assignation par les K-moyennes qui donne parfois les résultats les plus souples. Pour cette thématique, soit les actions de référence définies par les K-moyennes sont plus souples que celles définies par les effectifs égaux, soit le fait de ne pas prendre en compte les indicateurs pondérés améliore les résultats (voire les deux).

On fera la même remarque que pour la thématique densité, le résultat d'assignation globale permet de conclure l'évaluation ex-post de chacune des zones, mais les analyses intermédiaires permettent d'analyser plus finement les caractéristiques des zones.

3.2.1.5 Évaluation multicritère pour l'enjeu « aménités des zones »

L'analyse suivante a pour objectif d'évaluer le « degré d'aménité des zones », sur la base des 5 indicateurs correspondants :

- proportion surfacique de chaque zone en zone d'influence d'une école ou d'un établissement d'accueil de la petite enfance
- proportion surfacique de chaque zone comprise dans la zone d'influence des transports en commun (la zone d'influence utilisée ici est la zone d'influence « élargie » aux bus à fort cadencement)
- proportion surfacique de chaque zone couverte par une micro-centralité commerciale
- proportion surfacique de chaque zone en zone d'influence des micro-centralités commerciales
- proportion surfacique de chaque zone en zone d'influence des parcs et linéaires verts publics

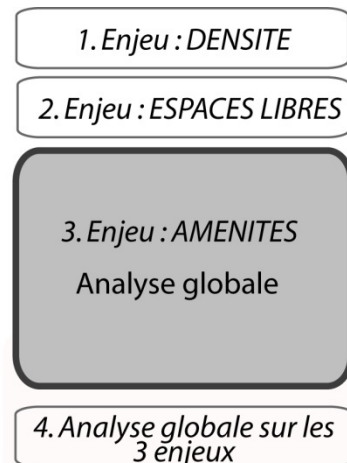


Figure 63. Analyse multicritère des aménités

On réalisera deux tests multicritères dépendant du mode de définition des actions de référence. L'une est basée sur une discrétisation par intervalle constant, l'autre sur les K-moyennes.

Ces deux tests permettront finalement d'obtenir une cartographie des unités de zonages selon leur « degré d'aménité », ce « degré » étant caractérisé par les différentes classes dans lesquelles sont assignées les unités de zonage.

À partir des résultats sur les unités de zonage, on calculera les résultats pour les zones dans leur ensemble.

3.2.1.5.1 Définition des actions de référence, par intervalles constants et K-moyennes

La première méthode consiste à définir les actions de référence comme étant égales à : *25 % de couverture de l'unité de zonage par la zone d'influence autour de l'aménité, puis 50% et enfin 75% de couverture.*

La seconde consiste à se baser sur les distributions réelles du taux de couverture des unités de zonage par les aménités, et qui correspondent aux résultats des indicateurs.

A partir des distributions, on réalise pour chaque indicateur une discrétisation en 4 classes par les K-moyennes, ce qui nous permet d'obtenir des classes homogènes, et cohérentes avec les éventuelles ruptures dans la distribution. Les scores pour les actions de référence Pr1, Pr2 et Pr3 correspondent aux bornes supérieures des 3 premières classes générées⁹⁹. Les figures 64 et 65 illustrent la méthode employée.

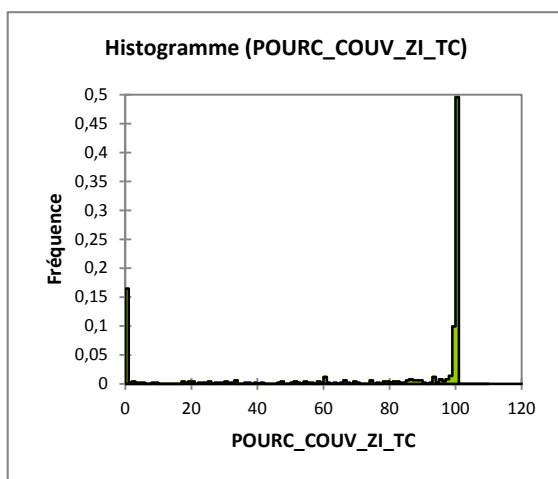


Figure 64. Exemple de la distribution de l'indicateur de couverture par la zone d'influence des transports en commun, pour les unités de zonage

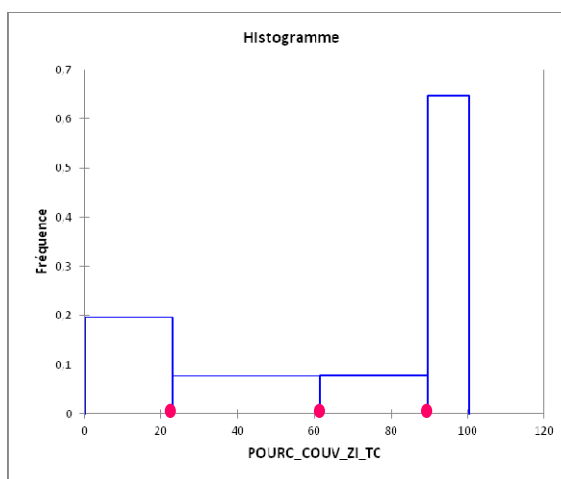


Figure 65. Résultat de la discrétisation par les K-moyennes pour la couverture par la ZI de transports en commun même critère (4 classes).

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus (tableau 37) :

Indicateur	Pr3	Pr2	Pr1
Surface en zone d'influence d'une école ou d'un établissement d'accueil de la petite enfance	16,55%	49,85%	83,13%
Surface en zone d'influence des transports en commun	22,85%	61,52%	89,59%
Surface couverte par les micro-centralités commerciales	17,00%	49,38%	82,69%
Surface en zone d'influence des micro-centralités commerciales	23,82%	60,53%	86,97%
Surface en zone d'influence des parcs et linéaires verts	25,84%	60,74%	87,39%

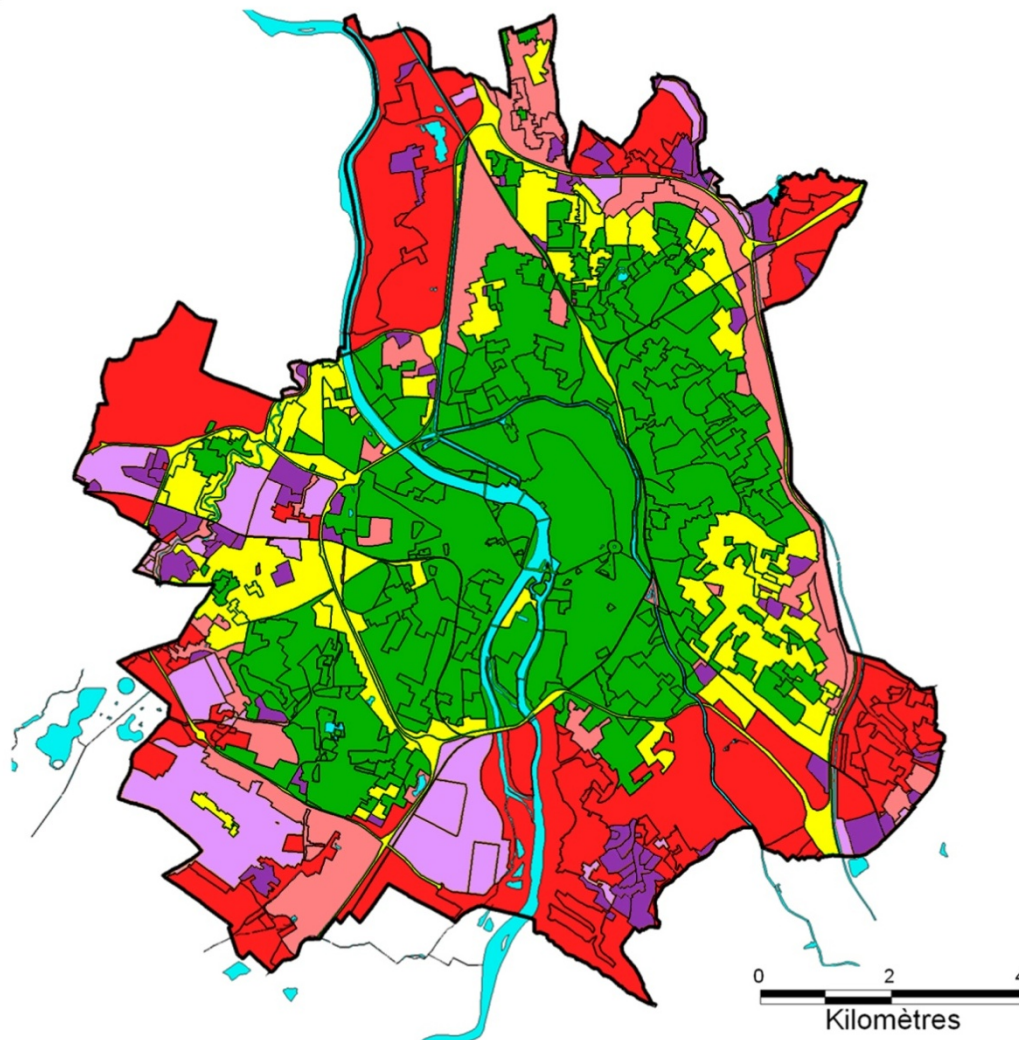
Tableau 37. Définition des actions de référence pour l'enjeu « aménités » des zones, par la méthode des K-moyennes

⁹⁹ Si pour les deux premiers critères de densité et d'espaces libres, on prenait le barycentre ou la moyenne des classes générées par les K-moyennes, c'est parce que le calcul des indicateurs était lui-même basé sur les moyennes. Ici les résultats sont des taux (pourcentages), on peut donc prendre les bornes des classes, qui en plus correspondent aux seuils naturels observés dans la distribution.

3.2.1.5.2 Résultat de l'évaluation multicritère pour l'enjeu « aménités des zones », méthode des intervalles constants

Les deux cartes ci-dessous (figures 66 et 67) présentent les résultats obtenus avec les deux procédures d'assignation, pessimiste, puis optimiste. Les seuils d'indifférence et de préférence tels que $p=10\%$ et $q=5\%$ ont été introduits sur tous les indicateurs.

Assignment pessimiste sur les 5 critères reflétant le degré d'aménités des unités de zonage. Pondération équivalente des critères, $q=5$; $p=10$; seuil de coupe stable sur $[0,7 ; 0,8]$



Classe 4 (meilleure)

Classe 3 (bon)

Classe 2 (moyen)

Classe 1 (mauvais)

Classe 1 (mauvais)

Classe 1 (mauvais)

Classe 1 (mauvais)

Classe 1 (mauvais)

zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 3 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence

zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 4 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence

zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 4 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence

zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 4 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence

zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 4 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence

zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 4 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence

zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 4 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence

zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 4 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence

zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 4 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence

zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 4 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence

zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 4 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence

zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 4 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence

zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 4 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence

zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 4 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence

zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 4 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence

zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 4 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence

zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 4 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence

zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 4 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence

zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 4 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence

zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 4 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence

zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 4 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence

zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 4 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence

zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 4 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence

zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 4 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence

A.Prévost (réalisé en mai 2012)

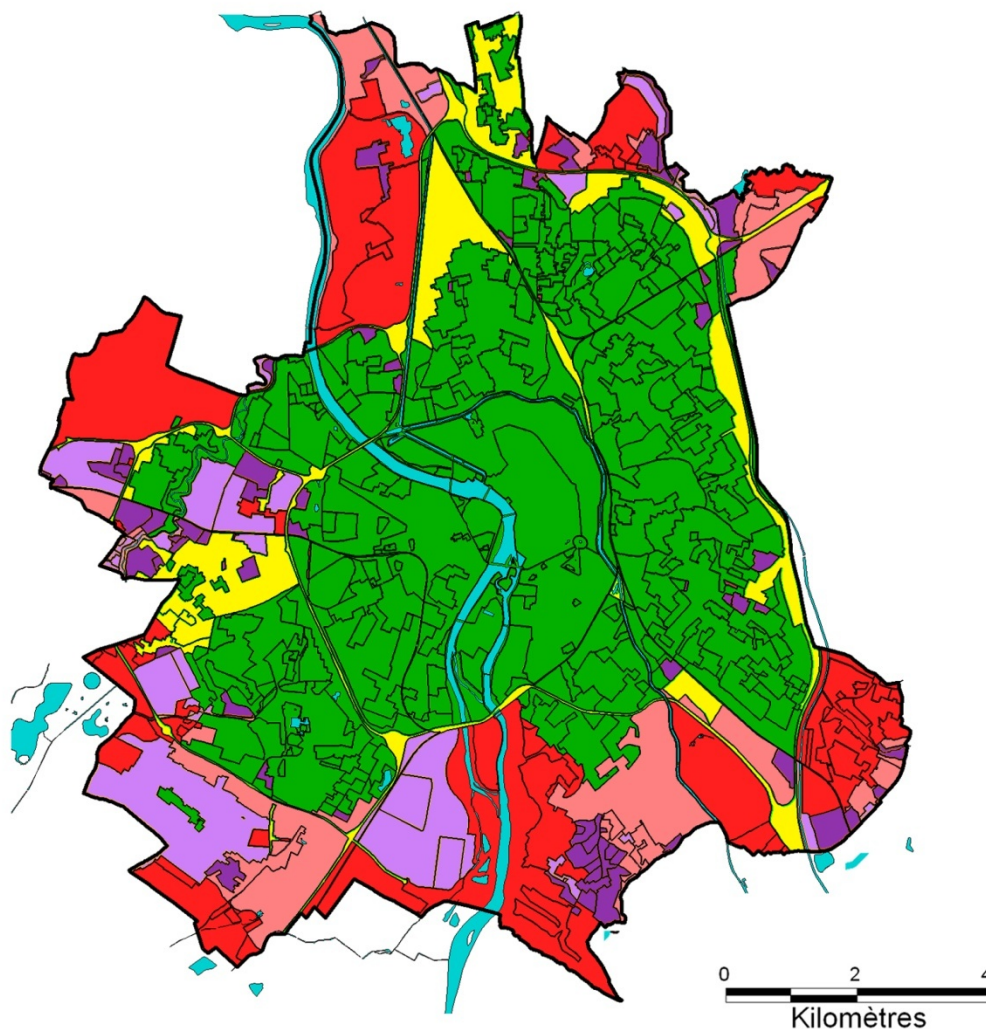
Source : zonage du PLU (3ème modification, approuvé en décembre 2007)

données SIG : CUGT

méthode multicritère ELECTRE TRI version 2.0a Copyright (c) 1995-98 Lamsade

Figure 66. Analyse multicritère pour le critère « aménités » des unités de zonage, procédure pessimiste et méthode des intervalles constants pour les actions de référence

Assignment optimiste sur les 5 critères reflétant le degré d'aménités des unités de zonage. Pondération équivalente des critères, $q=5$; $p=10$; seuil de coupe stable sur $[0,7 ; 0,8]$



Classe 4 (meilleure)



Classe 3 (bon)



Classe 2 (moyen)



Classe 1 (mauvais)



zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 3 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence



zones assignées en classe 1 en assignation pessimiste et en classe 4 en optimiste
différences d'assignation dues à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence



A.Prévost (réalisé en mai 2012)

Source : zonage du PLU (3ème modification, approuvé en décembre 2007)

données SIG : CUGT

méthode multicritère ELECTRE TRI version 2.0a Copyright (c) 1995-98 Lamsade

Figure 67. Analyse multicritère pour le critère « aménités » des unités de zonage, procédure optimiste et méthode des intervalles constants pour les actions de référence

Ce test prend en compte un seuil de coupe égal à 0,76 (seuil stable sur [0,7 ; 0,8], avec des variations de 1% sur cette plage), un seuil d'indifférence q égal à 5% et un seuil de préférence p égal à 10%. Le même poids est attribué à chaque indicateur.

L'assignation pessimiste donne 46% d'unités de zonage en classe 4 (la meilleure), 10% en classe 3, 6% en classe 2 et 38% en classe 1. En assignation optimiste, on obtient 74% des unités de zonage en classe 4, 8% en classe 3, 5% en classe 2 et 13% en classe 1.

La différence entre les deux modes d'assignation est donc importante en classe 4 et en classe 1, les incomparabilités expliquent ces résultats.

Lorsque des incomparabilités sont générées sur 2 ou 3 actions de référence pour une unité de zonage, celle-ci est figurée en violet sur la carte. Cela permet de voir les unités pour lesquelles les résultats sont « certains » et celles pour lesquelles il est difficile de conclure clairement, et qu'on a qualifié de « médiocres » (ni bon, ni mauvais). Les résultats donnant les pourcentages affectés dans chaque zone et présentés dans les tableaux n'incluent pas, quant à eux, ces résultats d'incomparabilités, mais seulement les résultats obtenus en procédure pessimiste.

En considérant les résultats que l'on obtient pour chaque zone, en prenant l'affectation la plus stricte c'est-à-dire la pessimiste, on obtient les résultats suivants (tableau 38) :

Zone	Caractère de la zone	classe 4	classe 3	classe 2	classe 1
UA1	Hypercentre – secteur sauvegardé	100%			
UA2	Centre ville, périphérie d'UA1	100%			
UA3	Faubourgs	100%			
UA4	Les 8 noyaux villageois, en périphérie	73%	18%		9%
UB1	Habitat diversifié et mixité sociale et fonctionnelle	47%	16%	8%	30%
UB2	Habitat collectif	70%	11%	3%	15%
UC1	Habitat pavillonnaire ou en bande	52%	16%	4%	29%
UC2	Habitat pavillonnaire discontinu	14%	5%	5%	77%
UE1	Activités économiques	18%	8%	8%	65%
UE2	Activités économiques essentiellement tertiaire	10%	15%	15%	60%
UE3	Activités aéronautiques et aéroportuaires				100%
UP	Grands équipements: hopitaux, universités ...	67%	2%	6%	26%

Tableau 38. Résultats de la procédure pessimiste pour l'enjeu d'aménités des zones, méthode des intervalles constants pour les actions de référence

L'analyse des résultats du degré global d'aménités des zones issus de l'assignation multicritère fait ressortir 5 grands types de zones :

- Les zones parfaitement équipées sont les zones correspondant à l'hypercentre (UA1), sa périphérie directe (UA2) et les faubourgs (UA3),
- Les zones bien équipées sont la zone d'habitat collectif (UB2), la zone d'accueil des grands équipements (UP) et la zone correspondant aux « noyaux villageois » (UA4),
- Les zones présentant une forte disparité, c'est-à-dire qui ont un fort pourcentage d'unités de zonage assignées dans la pire et dans la meilleure classe sont la zone d'habitat diversifié et de mixité sociale et fonctionnelle (UB1), et la zone d'habitat individuel (UC1),
- Les zones faiblement équipées sont les zones économiques (UE1 et UE2) ainsi que la zone d'habitat pavillonnaire (UC2),
- La zone UE3 est composée de deux unités de zonage, qui correspondent à des secteurs dédiés uniquement aux activités aéronautiques ou aéroportuaires situés à Proximité de l'aéroport Toulouse-Blagnac et de celui de Franczal. Ces deux unités de zonages sont classées dans la pire classe, mais cela est cohérent avec le caractère de la zone.

3.2.1.5.3 Résultat de l'évaluation multicritère pour l'enjeu « aménités des zones » avec la méthode des K-moyennes, et comparaison avec la méthode des intervalles constants

L'évaluation des unités de zonage est réalisée à nouveau, avec la méthode de définition des scores des actions de référence par les K-moyennes (figure 68, ci-dessous). On s'intéressera surtout aux résultats obtenus avec la procédure pessimiste, mais on donnera aussi les principaux résultats obtenus avec le mode optimiste. Enfin, on comparera enfin les deux assignations pessimistes réalisées avec les deux méthodes : intervalles constants et K-moyennes.

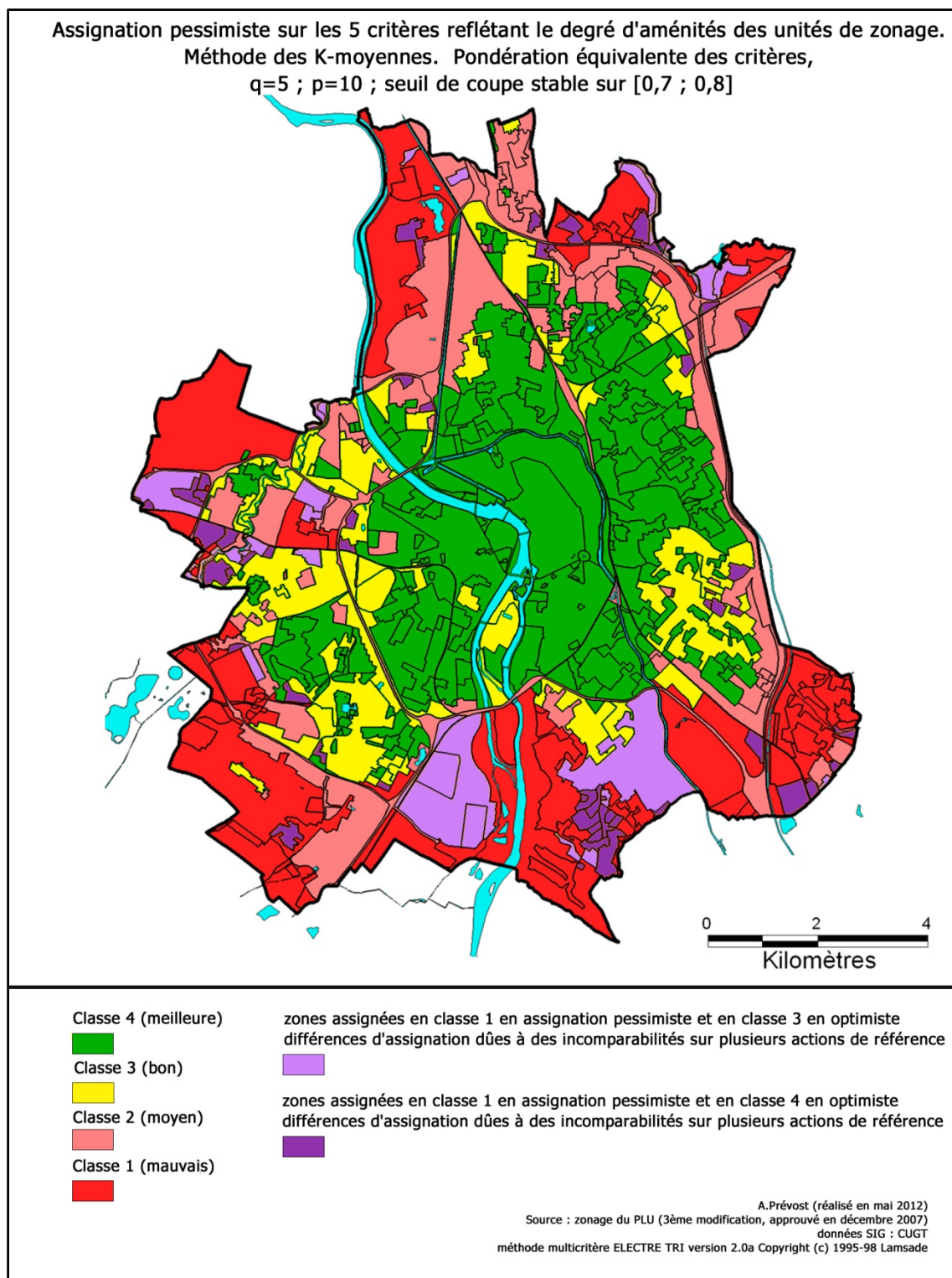


Figure 68. Analyse multicritère pour le critère « aménités » des unités de zonage, procédure pessimiste et méthode des K-moyennes pour les actions de référence

Pour ce test, on garde un seuil de coupe (testé ensuite) égal à 0,76, avec $q=5$ et $p=10$. Dans ce cas on a 42% des unités de zonage en classe 4 en mode pessimiste (70 % en optimiste), 10% en classe 3 (9% en mode optimiste), 12% en classe 2 (9% en optimiste) et 36% en classe 1 (12% en optimiste).

Si on compare ces résultats obtenus en procédure pessimiste avec l'affectation qui utilise comme actions de référence les 25%, 50% et 75% de couverture des zones, on observe quelques différences. La figure ci-dessous (figure 69) présente en bleu les unités de zonage qui ont un résultat différent en mode pessimiste.

On observe globalement que la discrétisation par les K-moyennes affecte un peu moins d'unités de zonage dans la meilleure classe (4% de moins), 6% de plus dans la classe 2 et 2% de moins dans la classe 1. On peut donc affirmer que les résultats sont très sensiblement plus stricts avec les K-moyennes, en termes de nombre d'unités de zonage et non de surface.

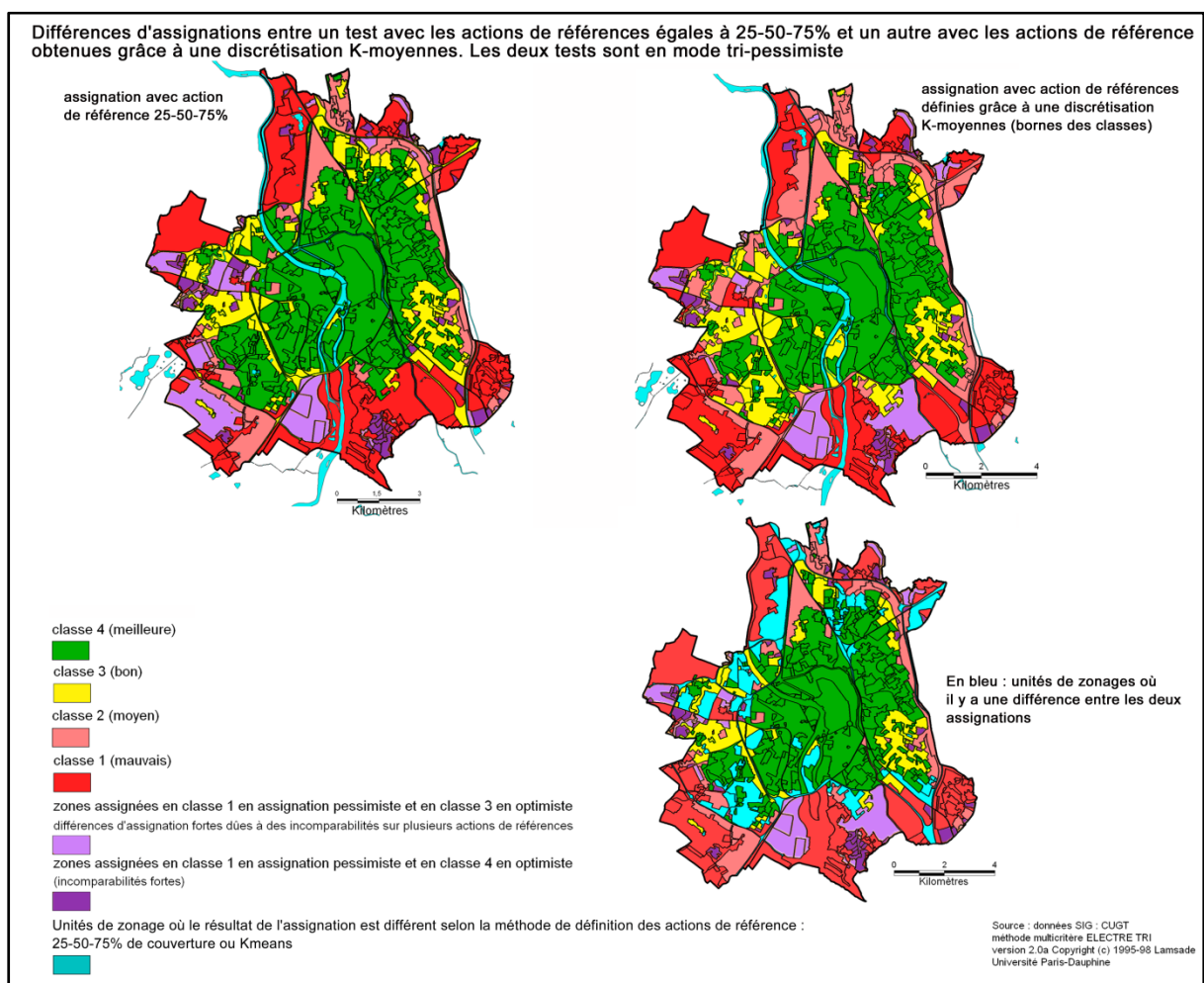


Figure 69. Comparaison des 2 tests pour les aménités : avec la méthode des intervalles constants et des K-moyennes, en procédure pessimiste

Le tableau suivant (tableau 39) résume pour chaque zone les résultats d'assignation pessimiste avec la méthode des K-moyennes ainsi que les différences entre les deux méthodes K-moyenne et intervalles constants (différences en pourcentages en rouge dans le tableau).

Zone	Caractère de la zone	classe 4	classe 3	classe 2	classe 1
UA1	Hypercentre – secteur sauvegardé	100% idem			
UA2	Centre ville, périphérie d'UA1	100% idem			
UA3	Faubourgs	100% idem			
UA4	Les 8 noyaux villageois, en périphérie	73% idem	9% -9	9% +9	9% idem
UB1	Habitat diversifié et mixité sociale et fonctionnelle	45% -2	11% -5	14% +6	30% idem
UB2	Habitat collectif	66% -4	13% +2	7% +4	15% idem
UC1	Habitat pavillonnaire ou en bande	45% -6,5	16% idem	10% +6,5	29% idem
UC2	Habitat pavillonnaire discontinu	14% idem	5% idem	5% idem	77% idem
UE1	Activités économiques	12% -6	10% +2	16% +8	61% -4
UE2	Activités économiques essentiellement tertiaire	8% -2	18% +3	25% +10	50% -10
UE3	Activités aéronautiques et aéroportuaires				100% idem
UP	Grands équipements : hopitaux, universités, ...	61% -6	6% +4	11% +5	22% -4

Tableau 39. Résultats de la procédure pessimiste pour l'enjeu d'aménités des zones, méthode des K-moyennes pour les actions de référence

Les zones UA1, UA2, UA3, UE3 et UC2 ne voient aucun changement entre les deux méthodes ; les 3 premières (zones UA) restent à 100% dans la meilleure classe, la zone UE3 d'activités aéronautiques et aéroportuaires reste à 100% dans la pire classe. Pour la zone UA4, on voit un passage d'unités affectées en classe 3 (bons résultats) qui passent en classe 2 (résultats moyens).

Pour UB1, UB2, UC1 on voit surtout des unités affectées en classe 4 et classe 3 qui se retrouvent en classe 2. Pour les zones UE1 et UE2 on obtient plus de résultats dans les classes 2 et 3, alors que ces unités étaient auparavant classées soit dans la meilleure, soit la pire classe.

3.2.1.5.4 Analyses de robustesse

- Analyse de robustesse, méthode des intervalles constants

- analyse de robustesse sur le seuil de coupe

Le test de robustesse est réalisé sur la plage [0,6 ; 0,9], avec un pas de 0,5. On trouve un seuil de coupe stable sur [0,7 ; 0,8]. Au-delà de 0,8, le résultat de l'assignation change, notamment parce que les incomparabilités sont plus nombreuses.

- analyse de robustesse sur le ratio p/q

Le test utilise p et q sur chaque indicateur tel que $q = 5\%$ et $p = 10\%$. Soit $p/q = 2$.

- avec $p/q = 1,5$ soit $q=5$, $p=7,5$: sur les 5 indicateurs, aucun effet sur l'assignation, mis à part une différence d'assignation négligeable de 1% en classes 1 et 3 lorsqu'on modifie les seuils sur l'indicateur de couverture par les équipements scolaires. Une différence de 1% correspond à 5 unités de zonage car 504 unités composent le territoire.

- avec $p/q = 3$ soit $q=5$, $p=15$: de même, on n'observe pas d'effet remarquable sur les résultats de l'assignation.

Ainsi, le ratio p/q n'impacte pas les résultats sur [1,5 ; 3].

- analyse de robustesse sur p et q, en gardant un ratio stable égal à 2

Ici, on garde un ratio p/q égal à 2, et on va faire varier p et q indicateur par indicateur (en gardant les même p et q sur les autres indicateurs).

- on double p et q ($q=10$, $p=20$) :

En modifiant p et q de cette manière, on n'observe que des variations de 1% sur les résultats, ce qui est négligeable.

Face à ces résultats, on peut conclure que les valeurs de $q=10$ et $p=20$ donnent des résultats stables.

- on divise les seuils par deux ($q=2,5$, $p=5$). Ici aussi, on n'observe que des différences mineures égales à 1%.

Ainsi, on peut conclure qu'avec un ratio égal à 2, et en modes optimiste et pessimiste, q est stable sur [2,5 ; 10] et p est stable sur [5 ; 20].

- analyse de robustesse sur les actions de référence

On rappelle que pour chaque indicateur, on a défini les actions de référence de la manière suivante :

Pr3 = 25 % de couverture de l'unité de zonage par la zone d'influence autour de l'aménité

Pr2 = 50 % de couverture

Pr1 = 75% de couverture

On teste la sensibilité de ces actions sur la plage [-5%, +5%], et pour chaque indicateur, séparément.

Ainsi, pour chaque indicateur, on teste Pr3 = 20%, Pr2 = 45 % et Pr1 = 70%, et dans un second temps, Pr3 = 30%, Pr2 = 55 % et Pr1 = 80%.

Les résultats montrent qu'une variation de +5% et -5% des 3 actions de référence n'impactent les assignations que de manière négligeable (différences de 1% dans certaines classes). Les actions sont donc stables sur la plage testée.

- Analyse de robustesse, méthode des k-moyennes

- analyse de robustesse sur le seuil de coupe

Le test de robustesse est réalisé sur [0,7 ; 0,85], avec un pas de 0,5. On trouve un seuil de coupe stable sur [0,7; 0,8], plage pour laquelle on observe des variations minimales de l'ordre de 1% par classe. Au-delà de 0,85, trop d'incomparabilités sont générées.

- analyse de robustesse sur le ratio p/q

Le test utilise p et q sur chaque indicateur tel que q = 5% et p = 10%. Soit p/q = 2.

- avec p/q = 1,5 soit q=5, p=7,5 : sur les 5 indicateurs, aucun effet sur l'assignation n'est observé.

- avec p/q =3 soit q=5, p=15 : de même, on n'observe pas d'effet remarquable sur les résultats de l'assignation (seules quelques variations de l'ordre de 1%).

Ainsi, le ratio p/q n'impacte pas les résultats sur [1,5 ; 3].

- analyse de robustesse sur p et q, en gardant un ratio stable égal à 2

Ici, on garde un ratio p/q égal à 2, et on fait varier p et q indicateur par indicateur (en gardant les même p et q sur les autres indicateurs).

- on double p et q ($q=10$, $p=20$) :

En modifiant p et q de cette manière sur l'indicateur de couverture par les transports en commun, on n'observe des variations de 8% en procédure optimiste, en classes 3 et 4.

Sur l'indicateur d'accès aux micro-centralités commerciales et des espaces verts, les variations sont de l'ordre de 2% en procédure optimiste.

En mode pessimiste, les variations sont négligeables (1%).

Face à ces résultats, on peut conclure que les valeurs de $q=10$ et $p=20$ donnent des résultats stables en procédure pessimiste, et instables en optimiste.

- on divise les seuils par deux ($q=2,5$, $p=5$). Ici aussi, on n'observe que des différences mineures égales à 1%.

Ainsi, on peut conclure qu'avec un ratio égal à 2, et en mode pessimiste, q est stable sur $[2,5 ; 10]$ et p est stable sur $[5 ; 20]$. En mode optimiste, q est stable sur $[2,5 ; 5]$ et p est stable sur $[5 ; 10]$.

- analyse de robustesse sur les actions de référence

On teste la sensibilité des actions de référence, sur la plage $[-5\%, +5\%]$, et pour chaque indicateur, séparément.

Ainsi, pour chaque indicateur, on teste les valeurs de Pr3, Pr2 et Pr1 diminuées de 5% de leur valeur, puis augmentées de 5%. Le tableau ci-dessous (tableau 40) résume les valeurs à tester.

Indicateur	Pr3 (+5%)	Pr3 (-5%)	Pr2 (+5%)	Pr2 (-5%)	Pr1 (+5%)	Pr1 (-5%)
Surface en zone d'influence d'une école ou d'un établissement d'accueil de la petite enfance	17,38%	15,72%	52,34%	47,36%	87,29%	78,97%
Surface en zone d'influence des transports en commun	23,99%	21,71%	64,60%	58,44%	94,07%	85,11%
Surface couverte par les micro-centralités commerciales	17,85%	16,15%	51,85%	46,91%	86,82%	78,56%
Surface en zone d'influence des micro-centralités commerciales	25,01%	22,63%	63,56%	57,50%	91,32%	82,62%
Surface en zone d'influence des parcs et linéaires verts	27,13%	24,55%	63,78%	57,70%	91,76%	83,02%

Tableau 40. Valeurs des actions de référence à tester pour l'analyse de robustesse ; enjeu des aménités des zones, méthode des K-moyennes

Une variation -5% des 3 actions de référence impacte les résultats de manière non significative (écarts de 1%). Cependant, une variation de +5% des actions de référence pour l'indicateur de couverture par la zone d'influence des transports en commun provoque des variations de 8% en mode optimiste, pour les classes 3 et 4.

Ainsi, en procédure pessimiste, les actions de référence sont stables sur la plage testées, mais en mode optimiste, seule la variation de -5% donne des résultats semblables au test de référence.

3.2.1.6 Analyse multicritère sur les trois enjeux : densité, espaces libres et aménités

3.2.1.6.1 Objectifs et résultats

L'objectif est ici de parvenir à une vision synthétique du comportement des zones, pour l'ensemble des enjeux et indicateurs d'urbanisme réglementaires traités dans le cadre de cette thèse. Cette approche permet, par exemple, d'analyser si les zones où les constructions sont denses et évoluent de manière positive sont aussi celles qui présentent le plus d'aménités et d'espaces libres.



Néanmoins, ces résultats n'ont pas de réelle portée opérationnelle dans le sens où les trois enjeux analysés et les indicateurs sont en rapport avec des dispositifs réglementaires très différents. Il semble assez évident que les évaluations « intermédiaires » qui aboutissent à des résultats plus fins, permettent de déduire plus facilement de l'effet des règles. Les résultats des analyses intermédiaires doivent donc être considérés en priorité pour cette évaluation.

En revanche, cette analyse globale se base sur l'idée que la durabilité urbaine, traitée du point de vue réglementaire par les indicateurs réalisés, se traduirait par un équilibre dans les résultats (c'est-à-dire de bons résultats sur les trois enjeux traités), donnant, au final un résultat global satisfaisant. Les résultats obtenus vont nous permettre de discuter de cette hypothèse.

Figure 70. Analyse multicritère globale sur les 3 enjeux

Des tests ont été réalisés pour l'ensemble des indicateurs, avec les deux méthodes de définition des actions de référence, en utilisant pour chaque indicateur les mêmes paramètres (seuils d'indifférence et de préférence, pondérations équivalentes, absence de veto) que pour les tests précédents. Avec la première méthode de définition des références, on analyse au total 30 indicateurs, tandis qu'avec les K-moyennes, 26 sont traités, puisque l'on retire les indicateurs de COS, CESL pondérés ainsi que les dispersions pondérées.

Pour ce qui est de la méthode de réalisation de cette analyse multicritère, une difficulté concerne les différentes emprises spatiales analysées lors de la création des indicateurs. En effet, pour les enjeux de densité et d'espaces libres, certains secteurs des zones ont été

retirés des analyses car les dispositifs règlementaires impactant la constructibilité étaient différents du règlement « courant » de chaque zone. On travaille pour ces deux enjeux sur 5 zones seulement et sur un territoire dit « diffus », (zonage hors contrainte et projets) et *à l'échelle de la zone*¹⁰⁰ alors que, pour l'enjeu relatif aux aménités l'ensemble de la commune est analysé (y compris les secteurs de contraintes et de projets) ainsi que les *deux échelles de la zone et de l'unité de zonage*.

L'analyse multicritère réalisée ici se base sur l'échelle des unités de zonage, correspondant aux 5 zones qui ont été analysées pour la densité et les espaces libres. Cependant, on n'exclue plus les secteurs de projet et de contrainte de ces unités car les indicateurs d'aménités sont calculés sur les unités initiales.

Pour les indicateurs de densité et d'espaces libres, on a été obligé de donner pour l'ensemble des unités de zonage constitutives d'une zone le même résultat, qui correspond des indicateurs de type « moyennes ».

Les résultats obtenus ici en tant que pourcentages d'unités de zonage affectés dans les différentes classes sont donc à analyser avec prudence, on regardera surtout la tendance générale qui se dégage pour chaque zone.

Les résultats sont les suivants :

La zone des faubourgs UA3, qui est la plus dense sur la période du PLU et qui obtient le meilleur résultat pour les aménités obtient, avec la méthode des effectifs égaux et des intervalles constants, l'ensemble de ces zones en classe 1 en mode pessimiste et classe 4 en mode optimiste, car des incomparabilités sont générées. Ce résultat médiocre et incertain est dû au fait que la zone est globalement performante sur l'enjeu des aménités et sur la densité, hormis pour les indicateurs relevant de l'évolution de la densité. La zone obtient aussi de mauvais résultats sur l'enjeu des espaces libres.

La zone d'habitat mixte UB1 et la zone d'habitat individuel UC1 obtiennent exactement le même résultat, avec la première méthode de définition des actions de référence (effectifs égaux et intervalles constants pour les aménités) : le résultat global est moyen à mauvais pour l'ensemble des unités de zonage, selon la méthode employée (effectifs égaux ou K-moyennes). Les deux zones avaient en effet obtenu des résultats moyens pour les enjeux relatifs à la densité et aux espaces libres, ainsi que des fortes disparités quant aux aménités.

¹⁰⁰ Car les indicateurs sont du type « moyenne calculée pour chaque zone ».

La zone pavillonnaire UC2 obtient dans un cas (effectifs égaux et intervalles constants) un résultat général en classe moyenne, tandis qu'avec les k-moyennes, des incomparabilités sont générées classant la zone en classe 1 en mode pessimiste et en classe 3 en optimiste. On a vu par ailleurs que cette zone n'obtenait des résultats vraiment positifs que pour l'enjeu relatif aux « espaces libres ».

Seule la zone UB2 obtient des résultats plus satisfaisants au regard des 3 enjeux, avec dans un cas (effectifs égaux et intervalles constants), la presque totalité du territoire en classe 3 (80% des unités de zonage). Cependant, avec l'autre méthode (K-moyennes), le résultat devient à nouveau médiocre : la zone voit 50% de ses unités affectées en classe 2, et 50% en classe 1 ; avec de nombreuses incomparabilités générées (le résultat est moins strict en mode optimiste).

On peut conclure que l'agrégation globale sur les 3 enjeux ne donne pas des résultats satisfaisants ; mise à part UB2 qui obtient un résultat un peu meilleur, aucune zone n'arrive à avoir des résultats vraiment convaincants pour les 3 enjeux réglementaires.

D'ailleurs, le résultat pour UB2 peut paraître surprenant : si c'est la zone qui obtient le meilleur résultat pour ce test combinant les 3 enjeux pour la méthode des effectifs égaux, il semble, selon la connaissance que l'on peut avoir du territoire, qu'elle ne soit pas celle où les habitants plébisciteraient la « qualité de vie ». C'est en effet la zone qui accueille les « grands ensembles », avec les problèmes d'insécurité, de monotonie des formes urbaines, etc., et qui sont courantes pour ces tissus urbains. Ce décalage entre le résultat obtenu par l'analyse multicritère et la perception des zones UB2 montre que les résultats obtenus ici doivent avant tout être considérés comme les résultats d'une étude dont le but premier est *d'évaluer des critères réglementaires*. Certes, ces critères réglementaires sont liés à la notion d'intensité urbaine au sens de Da Cunha et Kaiser (Da Cunha & Kaiser 2009a), c'est-à-dire la somme de la densité, de la centralité et de la qualité urbaine. *Cependant, on voit bien ici que les enjeux et indicateurs d'urbanisme réglementaires de cette thèse ne suffisent pas pour une étude exhaustive de l'intensité urbaine*, car ils ne prennent pas suffisamment en compte les critères subjectifs et sensibles de la « qualité urbaine » ressentie. Par exemple, on traite ici de densité bâtie dans une logique d'analyse réglementaire, mais une étude de l'intensité urbaine pourrait intégrer comme indicateur la densité vécue ou ressentie au sens donné par M. Wiel (Wiel, 2006).

Ces remarques, valables pour le concept « d'intensité urbaine » le sont aussi, par extension, pour celui de la « durabilité urbaine », au sens donné par l'article L121-1 du code de l'urbanisme, qui fixe les objectifs des documents d'urbanisme.

3.2.1.6.2 Analyses de robustesse

- Analyses de robustesse pour la méthode utilisant les effectifs égaux (densité et espaces libres) et les intervalles constants (aménités)

- Analyse de robustesse sur le seuil de coupe

Le test de robustesse est réalisé sur $[0,6 ; 0,8]$. On trouve un seuil de coupe stable sur $[0,7 ; 0,72]$. Au-delà de 0,72, les résultats sont très instables et créent un trop grand nombre d'incomparabilités.

L'analyse des résultats de l'assignation obtenus en faisant varier le seuil de coupe montre que la plage de stabilité est très peu étendue. Les résultats sont donc très sensibles à ce paramètre. Sur la plage $[0,67 ; 0,72]$, on obtient déjà des variations de l'ordre de 4% en mode pessimiste et 10% en optimiste.

- Analyse de robustesse sur le ratio p/q

Le tableau ci-dessous (tableau 41) résume l'ensemble des valeurs de p et q testés pour les 12 indicateurs concernés (pour lesquels on a introduit les seuils). Il présente pour chaque indicateur les p et q initiaux, pour lesquels $p/q=2$, puis les valeurs avec un $p/q = 1,5$; $p/q = 3$; enfin les p et q diminués de moitié de leur valeur, puis doublés.

Indicateur	Seuil d'indifférence q initial	Seuil de préférence p initial	Seuil de Préférence p avec ratio p/q=1,5	Seuil de Préférence p avec ratio p/q=3	Seuils q et p divisés de moitié	Seuils q et p doublés
Couverture par la Zone d'influence des transports en commun	5	10	7,5	15	q =2,5 ; p = 5	q = 10 ; p = 20
Accès aux équipements scolaires	5	10	7,5	15	q =2,5 ; p = 5	q = 10 ; p = 20
Accès aux micros centralités	5	10	7,5	15	q =2,5 ; p = 5	q = 10 ; p = 20
Couverture par les micro centralités de Proximité	5	10	7,5	15	q =2,5 ; p = 5	q = 10 ; p = 20
Accès aux espaces verts publics	5	10	7,5	15	q =2,5 ; p = 5	q = 10 ; p = 20
Évolution du COS sur petites parcelles	1,1	2,2	1,65	3,3	q =0,55 ; p = 1,1	q =2,2 ; p = 4,4
Évolution du COS sur parcelles moyennes	2,5	5	3,75	7,5	q =1,25 ; p = 2,5	q =5 ; p = 10
Evolution du COS sur grandes parcelles	2,8	5,6	4,2	8,4	q =1,4 ; p = 2,8	q = 5,6; p = 11,2
Evolution du COS global pondéré par les types de parcelle	2,15	4,3	3,23	6,45	q =1,075 ; p = 2,15	q = 4,3 ; p = 8,6
Evolution du COS en zone d'influence des TC	1,7	3,4	2,55	5,1	q =0,85 ; p = 1,7	q = 3,4; p = 6,8
Nombre d'opérations d'agrandissement par an et par km2	0,01	0,02	0,015	0,03	q =0,005 ; p = 0,01	q =0,02 ; p = 0,04
Evolution du CESL global pondéré par les types de parcelles	0,58	1,15	0,87	1,74	q =0,29 ; p = 0,58	q = 1,15; p = 2,3

Tableau 41. Analyse de sensibilité sur les seuils d'indifférences et de préférence pour l'analyse sur les 3 enjeux de densité, d'espaces libres et d'aménités

- avec un ratio $p/q = 1,5$: aucun effet significatif sur l'assignation n'est observé.

- avec $p/q = 3$ soit $q=5$, $p=15$: de même, on n'observe pas de réel effet sur les résultats de l'assignation (des différences de 1%, comme précédemment, considérées comme négligeables).

Ainsi, le ratio p/q n'impacte pas les résultats sur $[1,5 ; 3]$.

- Analyse de robustesse sur p et q, en gardant un ratio stable égal à 2

Ici, on garde un ratio p/q égal à 2, et on va faire varier p et q indicateur par indicateur (en gardant les même p et q sur les autres indicateurs). On divise ces seuils par deux, puis on les double.

L'analyse de sensibilité montre que les résultats restent stables.

- Analyse de robustesse sur les actions de référence

L'indicateur de CESL sur les parcelles moyennes est sensible à toutes variation positive des actions de référence (avec +5%, il provoque des variations de 11% des unités de zonage dans les différentes classes).

L'indicateur de CESL global provoque les mêmes variations avec un test à +5% de la valeur attribuée à l'action de référence. Cependant, à +2%, les résultats restent stables.

L'indicateur d'évolution du CESL global provoque aussi les mêmes variations, mais avec un test à -5%. Une variation de -2% donne des résultats stables.

Ainsi, sur l'ensemble des indicateurs, la plage de stabilité des scores des actions de référence est [-2 ; 0]. 3 indicateurs sur les 30 testés sont en réalité en cause, les autres ne provoquant aucune variation sur la plage de test [-5% ; +5%].

- Analyses de robustesse pour la méthode utilisant les K-moyennes (pour la densité, les espaces libres et les aménités)

- Analyse de robustesse sur le seuil de coupe

Le seuil de coupe est testé sur [0,65 ; 0,8]. Il est stable uniquement sur [0,74 ; 0,76], et avec ces valeurs on obtient encore un assez grand nombre d'incomparabilités, notamment par rapport à 1 et 2 actions de référence. On fait remarquer que la plage du seuil de coupe déterminée pour ce test est plus stricte que celle définie pour le test utilisant les classes d'effectifs égaux.

- Analyse de robustesse sur p et q :

- sur le ratio p/q

On teste la variation du ratio autour de la valeur initiale égale à 2. On teste l'indicateur par l'indicateur concerné (12 indicateurs concernés) les effets d'un ratio égal à 1,5, puis 3.

Avec un ratio égal à 1,5 ou 3, aucun effet sur les résultats

Le ratio p/q est stable sur [1,5 ; 3]

- sur les valeurs de p et q, avec un ratio p/2 égal à 2

On teste p/2 et q/2 et les résultats restent inchangés.

En revanche, si on double p et q, pour l'indicateur de couverture par les micro-centralités commerciales, alors on obtient des différences d'affectation de 3% des unités de zonage dans les classes.

- analyse de robustesse sur les actions de référence

L'indicateur de dispersion du CESL sur parcelles moyennes est le seul qui présente une sensibilité, dès lors qu'on modifie les actions de référence sur la plage [-5% ; +5%].

En effet, on observe des différences avec une variation de +5%. À +2% ; on retrouve une quasi stabilité avec des différences de 3% seulement dans les classes.

Ainsi, les actions de référence sont quasi stables sur [-5% ; +2], et complètement stables sur [-5%, 0]. Seules les actions de référence de l'indicateur de dispersion du CESL sur parcelles moyennes sont sensibles.

3.2.2 Évaluation des aménités des zones pour valider des choix réglementaires concernant la densité bâtie : évaluation ex-ante de la cohérence urbanisme-transport-équipements

3.2.2.1 objectifs

La prescription de la révision du PLU de Toulouse a eu lieu en mars 2011. Un des objectifs de cette révision était de donner de l'importance à l'enjeu de « cohérence urbanisme-transport-équipements ». Cela se traduit par la volonté d'attribuer plus de densité à des secteurs situés dans un fuseau proche des transports en commun et dont le niveau d'équipement est satisfaisant.

La traduction réglementaire de cet enjeu consistait à sélectionner, dans le périmètre des transports en commun, des secteurs des zones UC1 et UC2 dont la hauteur était limitée à R+1 et de les passer dans un nouveau zonage UL¹⁰¹ permettant une hauteur en R+2. A contrario, l'objectif était aussi de diminuer la constructibilité de certains secteurs ne répondant pas à la logique de cohérence urbanisme-transport-équipements. Pour ce faire, des portions de zones UB1 ou UB2 (hauteur permise jusqu'à R+3 et R+4), situées hors du périmètre des transports en commun et dont le niveau d'équipement était considéré comme faible ont été passées dans la nouvelle zone UL.

D'autres enjeux ont aussi incité à la création d'unités de zonage UL, à savoir :

- le changement de destination de zone d'activités en zone d'habitat ou vice versa,
- le gèle de l'urbanisation le temps de définir un projet d'aménagement cohérent.

La création de certaines unités de zonage UL est donc motivée pour d'autres raisons que la cohérence urbanisme-transports-équipements, même si celle-ci est globalement prioritaire.

La méthode employée par les rédacteurs des PLU pour définir ces unités de zonage UL a été d'abord d'établir une cartographie différenciant les secteurs compris dans la zone d'influence des transports en commun, bien équipés, de ceux hors périmètre et peu équipés. A partir de cette carte, et en prenant en considération les avis des élus et des autres services concernant le devenir de certains secteurs communaux (changement de destination, gel de l'urbanisation,...), ces espaces ont été affectés en zones UL. La méthode employée pour réaliser ces changements de zonage peut ainsi être considérée comme une méthode dite « à dire d'experts », c'est-à-dire basée sur la connaissance et l'expérience des rédacteurs des

¹⁰¹ La nouvelle zone « UL », introduite lors de la révision du PLU de Toulouse, trouve sa place dans le territoire de l'urbanisme « diffus » et les OAP. Cette nouvelle zone UL comporte en fait des sous-types indicés (UL4, UL5, ... UL10), dont la hauteur est toujours limitée en R+2, mais qui déclinent les règles d'implantation selon la forme bâtie d'origine, correspondant aux anciennes zones du PLU UC1, UC2, UB1 et UB2. Certains secteurs d'origine, passés dans cette nouvelle zone ont ainsi vu leur constructibilité diminuée par la nouvelle règle de hauteur de la zone UL et d'autres l'ont vu augmentée, selon la logique de cohérence urbanisme-transport-équipements.

documents d'urbanisme, sans l'aide d'outils informatiques automatisés ni autre méthode d'évaluation.

L'objectif de cette analyse multicritère est de valider ces choix de zonage réalisés « à dire d'experts ». Pour cela, on va évaluer grâce aux résultats obtenus par SIG et la méthode ELECTRE TRI le degré d'aménité des futures unités de zonage UL en donnant une importance particulière à l'indicateur de couverture par la zone d'influence des transports en commun. On compare ensuite les résultats de cette évaluation avec le choix qui a été fait par les rédacteurs du PLU à savoir : augmentation de la constructibilité sur l'unité de zonage (passage de R+1 à R+2) ou diminution de la constructibilité (passage de R+4 ou R+3 à R+2). On vérifiera que les « incohérences » observées dans l'analyse multicritère (pour certaines unités de zonage) en termes d'évolution de la constructibilité projetée et de degré d'aménité s'expliquent par les autres enjeux d'urbanisme déjà cités : gel de l'urbanisation de certains secteurs ou changement de destination, etc.

On effectue deux tests multicritères. Le premier donne une importance équivalente à tous les indicateurs, le second donne plus d'importance à l'indicateur de couverture par la zone d'influence, en doublant sa pondération.

3.2.2.2 Première évaluation ex-ante des propositions de changement de zonage : veto sur l'indicateur de couverture par la zone d'influence des transports en commun réglementaire, pondération équivalente des indicateurs

3.2.2.2.1 Description des paramètres, et résultats

Pour traduire les enjeux politiques et d'urbanisme réglementaire liés à l'objectif de « cohérence urbanisme-transport-équipements » dans ce test multicritère, il est nécessaire dans un premier temps de calculer l'ensemble des indicateurs correspondant aux aménités sur les unités de zonage UL projetées, avant de réaliser l'analyse multicritère.

Ensuite, les paramètres introduits dans l'analyse multicritère sont les suivants :

- les scores attribués aux indicateurs sont issus de la méthode des intervalles constants ; ainsi :

Pr3 = 25 % de couverture de l'unité de zonage par la zone d'influence autour de l'aménité

Pr2 = 50 % de couverture

Pr1 = 75% de couverture ;

- une pondération équivalente est attribuée aux autres indicateurs d'aménités, à savoir :
 - proportion surfacique de chaque zone en zone d'influence d'une école ou d'un établissement d'accueil de la petite enfance,
 - proportion surfacique de chaque zone comprise dans la zone d'influence des transports en commun, cette fois-ci la zone d'influence des transports en commun « réglementaire » est utilisée (voir le chapitre sur les indicateurs),
 - proportion surfacique de chaque zone couverte par une micro-centralité commerciale,
 - proportion surfacique de chaque zone en zone d'influence des micro-centralités commerciales,
 - proportion surfacique de chaque zone en zone d'influence des parcs et linéaires verts publics ;
 - on introduit ici aussi des seuils d'indifférence et de préférence q et p sur tous les indicateurs, soit $q = 5\%$ et $p = 10\%$;
 - on définit un seuil de veto tel que le $v = 15\%$ pour l'indicateur de couverture par la zone d'influence des transports en commun, pour traduire le fait que l'augmentation de la densité ne peut pas avoir lieu dans une zone majoritairement mal desservie par les transports en commun.
- L'ensemble de ces paramètres ont été testés par analyse de sensibilité et de robustesse, afin d'observer les changements observés lors de leur variation, et aussi de définir la plage de variation qui garantit la stabilité des résultats.

La carte ci-dessous (figure 71) renvoie les résultats du test multicritère. Les unités de zonages entourées en jaunes sont celles pour lesquelles il est prévu une baisse de la constructibilité (diminution de la hauteur autorisée jusqu'à R+2), celles qui sont entourées de violet sont celles pour lesquelles il est prévu d'augmenter la constructibilité en permettant une hauteur jusqu'à R+2.

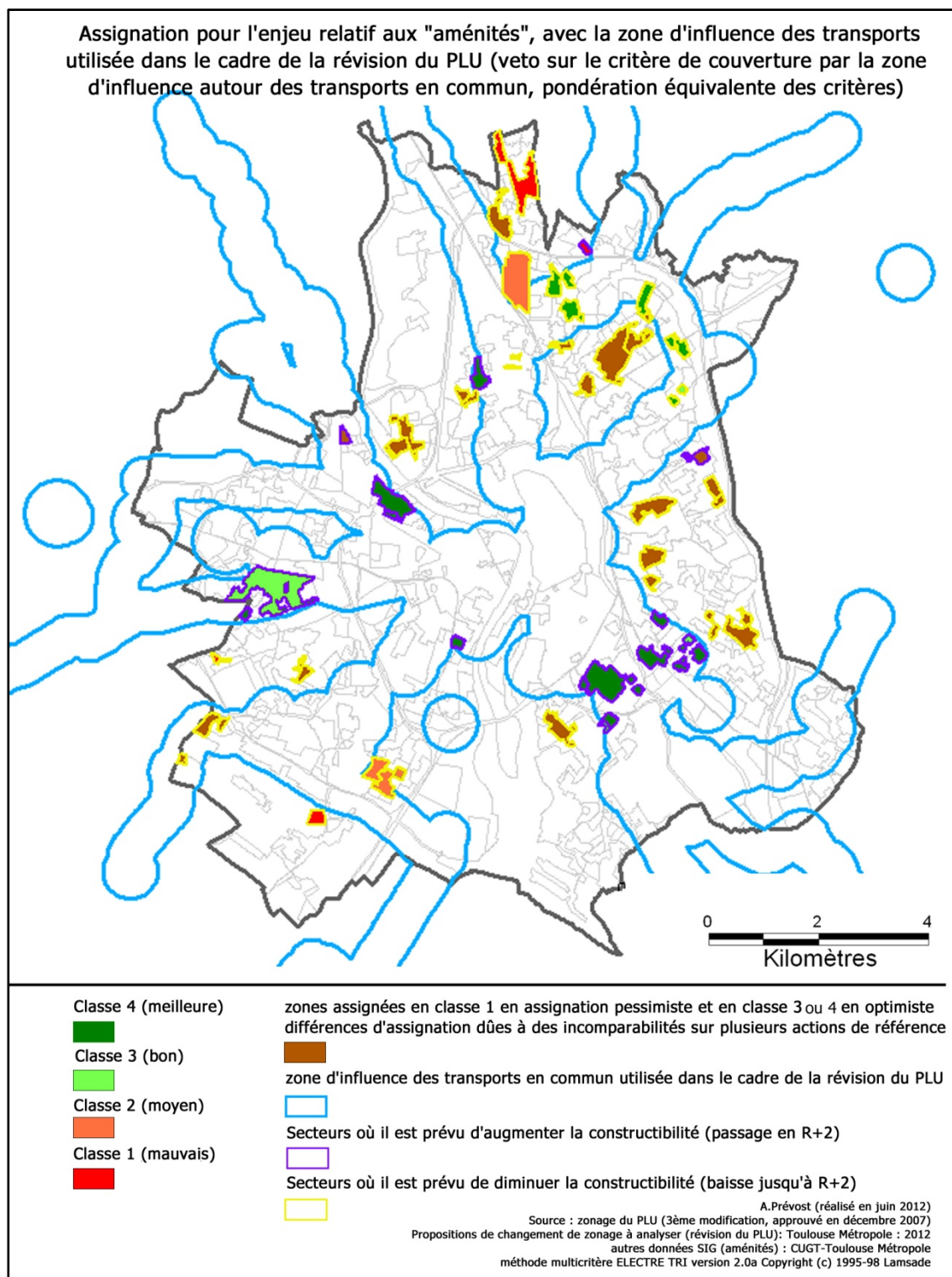


Figure 71. Évaluation ex-ante avec pondération équivalente sur les critères

Le seuil de coupe est égal à 0,76, sa robustesse est testée plus loin. Les résultats de l'assignation, en procédure pessimiste, sont les suivants (tableau 42) :

Très bon taux d'aménités – classe 4	Bon taux d'aménités – classe 3	Taux moyen d'aménités – classe 2	Mauvais taux d'aménités – classe 1
35% des unités de zonage	7% des unités de zonage	6% des unités de zonage	52% des unités de zonage

Tableau 42. Résultats du premier test multicritère ex-ante

Dans l'ensemble, on observe une forte disparité dans les résultats. Aussi, bon nombre des unités de zonages assignées en classe 1 en mode pessimiste sont figurées en marron sur la carte car elles présentent de nombreuses incomparabilités. Elles sont assignées très strictement en mode pessimiste et, a contrario, peu strictement en mode optimiste (on les retrouve en classe 4). On a donc choisi de ne pas représenter ces unités présentant des incomparabilités sur les 3 actions de référence en classe 1, mais avec un figuré différent (marron sur la carte). On peut interpréter leurs résultats comme « médiocre », c'est-à-dire, ni franchement mauvais, ni franchement bon (où il est difficile de conclure).

Le même test a été réalisé sans veto sur l'indicateur de couverture par la zone d'influence des transports en commun. Les résultats changent de manière importante et favorable en mode pessimiste : on obtient en effet 58% des unités dans la meilleure classe, 17% en classe 3, 4% en classe 2 et 20% en classe 1. *On voit donc que le seuil de veto joue un rôle important dans le classement des unités de zonage, avec une différence maximale de 32 % en classe 1, ce qui correspond à une variation pour 22 unités de zonage. Cependant, comme on l'a dit, ces résultats sont aussi dûs au fait que l'introduction du veto génère énormément d'incomparabilités, assignant en mode pessimiste les unités de zonage dans des classes plus basses, souvent la moins bonne.*

L'analyse de robustesse est réalisée plus loin sur le paramètre du veto (voir ci-dessous).

Ce qui suit précise les résultats obtenus et tente d'expliquer les cohérences ou les différences entre les résultats obtenus par ce test et les choix réalisés par la collectivité territoriale. Les figures suivantes sont des zooms des 4 portions de territoire analysées (figures 72 et 73).

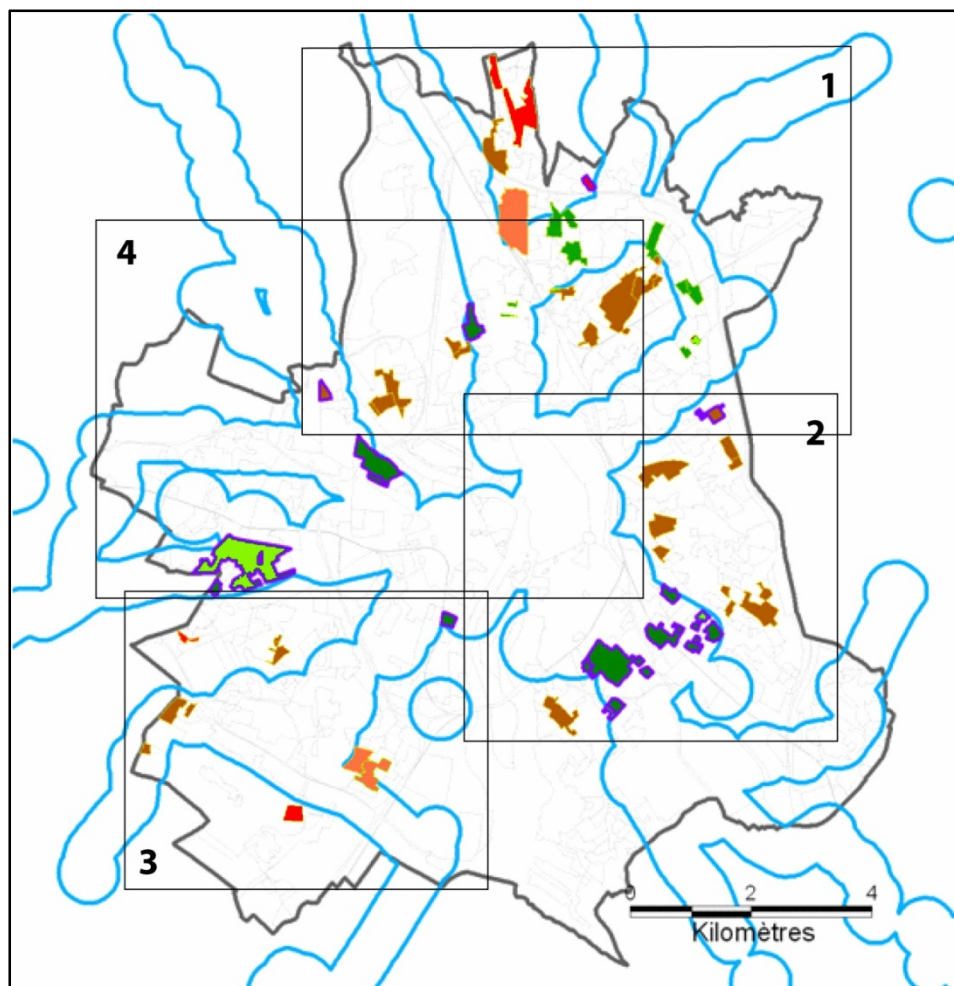


Figure 72. Carte d'assemblage pour l'évaluation ex-ante n°1

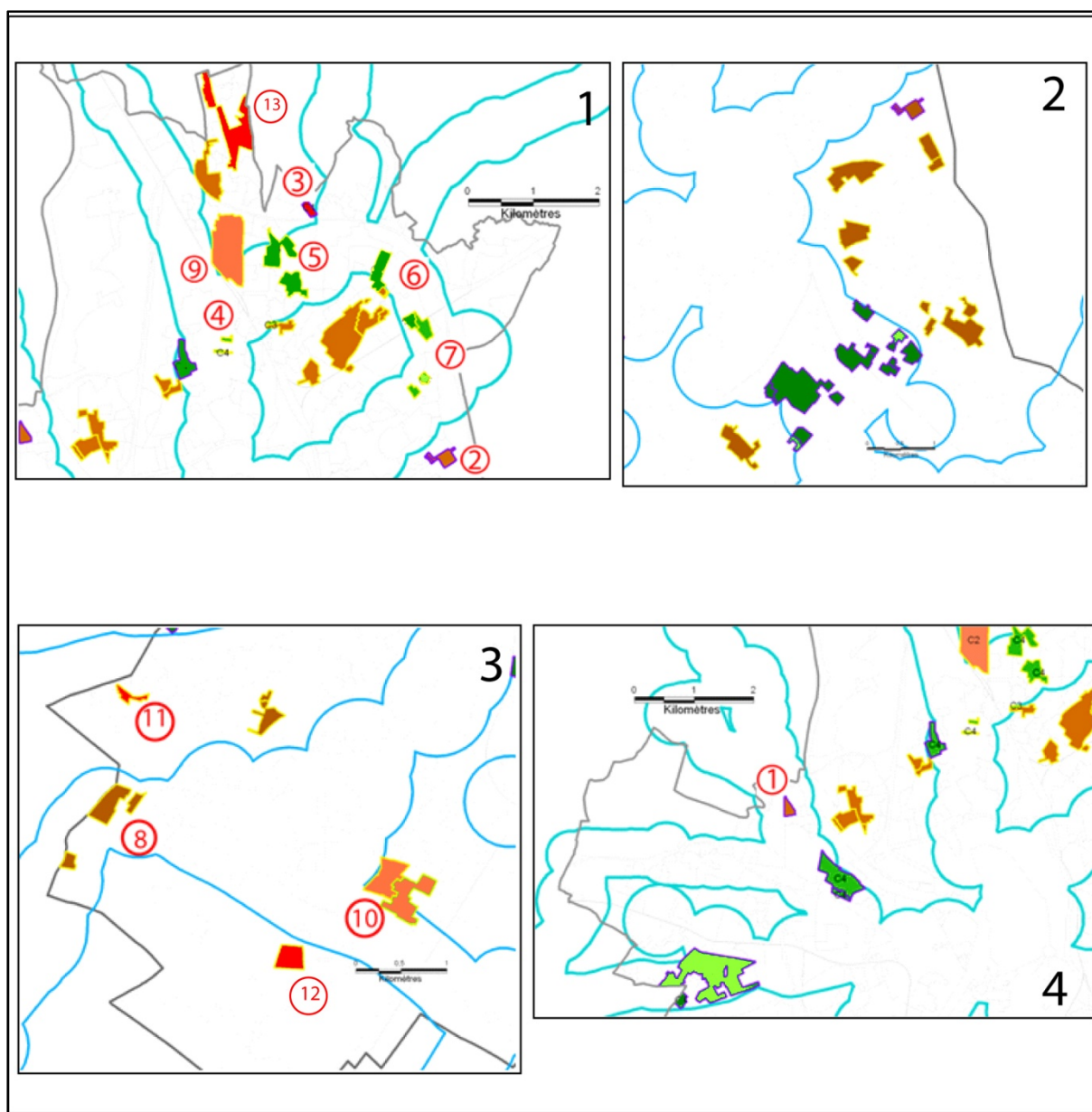


Figure 73. Zooms sur les portions de territoire pour l'évaluation ex-ante n°1

On propose d'analyser les résultats en deux temps : d'abord pour les unités de zonage où il est prévu d'augmenter la constructibilité (en violet), puis celles où il est prévu de la diminuer (en jaune)

- unités de zonage où une augmentation de la constructibilité est prévue :

Ces unités se situent presque toujours en zone d'influence des transports, sauf pour deux unités de zonage numérotées 2 et 3 dans les figures. Celle qui est située à l'Est (numérotée 2) correspond à l'orientation d'aménagement et de programmation (OAP) Plana, qui obtient un résultat médiocre car elle est hors de la zone d'influence. Celle qui est au nord, numérotée 3, est affectée dans la pire classe (classe 1). Néanmoins, après discussion des résultats avec les rédacteurs des PLU, l'augmentation de la constructibilité se justifie dans le cadre de l'OAP Moulis, pour laquelle tous les équipements nécessaires sont prévus, y compris une liaison vers le Boulevard Urbain Nord (BUN).

Pour celles qui sont comprises dans la zone d'influence, on obtient globalement de bons résultats pour l'analyse des aménités sauf pour une unité de zonage située au Nord ouest dans le quartier Ancely (numérotée 1). Les résultats des indicateurs que l'on obtient pour cette unité de zonage sont les suivants : 100% de couverture par la zone d'influence des transports en commun (utilisée pour la révision), 100% de couverture par la zone d'influence autour des équipements scolaires et de la petite enfance, 100% de couverture par la zone d'influence autour des espaces verts.

En revanche, les résultats sont nuls quant à la couverture et à l'accès aux micro-centralités de proximité, ce qui implique ce résultat renvoyé par l'analyse multicritère.

En analysant finement les données relatives aux commerces, on voit qu'il y a quand même deux boulangeries et une papeterie sur ce secteur, mais cela ne suffit pas à définir une micro-centralité de proximité selon nos critères¹⁰² (voir la réalisation de l'indicateur).

Après discussion avec les chargés d'études du PLU qui ont dessiné cette unité de zonage, la présence d'un hypermarché à moins d'un km (environ 900 m à vol d'oiseau) a joué en faveur du choix de cette évolution de densité (les supermarchés et hypermarchés ne rentrent pas dans la définition des micro-centralités choisie pour l'indicateur créé).

¹⁰² Les micro-centralités de proximité que nous avons définies sont inspirées de la définition des pôles de vie de l'INSEE : « Dans les grandes communes, ces pôles de vie sont repérés dans un rayon de 300 mètres, d'au moins quatre activités du commerce de quotidieneté, hors commerce sur éventaire et marchés, traiteur et pharmacie. »

- unités de zonage où une baisse de la constructibilité est prévue :

La plupart de ces unités sont logiquement, d'après les enjeux prioritaires définis, situées hors de la zone d'influence des transports, mais certaines y sont aussi comprises.

Ainsi, la volonté de diminuer la constructibilité est surprenante pour les unités de zonages situées au nord et en zone d'influence (numérotées 4, 5, 6, 7) car elles obtiennent de bons résultats dans le test multicritère. Cependant, les rédacteurs du PLU ont justifié cela par d'autres enjeux liés à des contraintes et objectifs de différents projets d'aménagement :

- Pour les unités de zonage numérotées 4 : elles sont situées dans l'OAP La Salade, et cette baisse de la constructibilité se justifie par une volonté de créer des densités bâties différenciées dans cet « Ecoquartier »¹⁰³.

- Pour les unités en 5 : elles concernent l'OAP des Izards. Ici aussi la raison est un travail sur les formes urbaines différenciées, et un travail sur les franges vers la ZAC de Borderouge (afin de favoriser la transition vers d'autres formes bâties).

- Unités en 6 et 7 : la baisse de constructibilité s'explique ici par une capacité des réseaux trop faible (notamment la voirie) au regard de la pression foncière. De plus, la ZAC de Borderouge à proximité n'est pas encore achevée, et il y a une volonté de ne pas favoriser l'urbanisation ailleurs tant que cette opération publique (et donc contrôlée par la collectivité) n'est pas terminée.

Enfin, il y a une unité de zonage au sud-ouest avec un résultat médiocre (numérotée 8), et pour celle-ci il est donc logique de baisser la constructibilité.

Pour celles hors de la zone d'influence et pour lesquelles la baisse de la constructibilité est prévue, on obtient la plupart du temps un résultat médiocre pour lequel il est difficile de conclure (lié à des incomparabilités sur plusieurs actions de référence). Cependant, pour ces résultats, qui ne sont ni franchement bons, ni franchement mauvais, le fait de limiter la densification semble raisonnable. D'autres unités ont un résultat négatif sans appel (classes 1 ou 2). Pour celles-là, d'après la logique actée par la collectivité, la baisse de constructibilité se justifie d'autant plus. Ce sont les unités numérotées 9 ; 10, 11, 12 et 13.

En conclusion, ce test permet de valider une grande partie des propositions de zonages élaborées par les rédacteurs des PLU. Lorsque les tests invalident les résultats, il s'avère que d'autres enjeux ponctuels ont influencé les choix de zonage. Ainsi, les résultats obtenus grâce à cette aide multicritère, qui permet de valider rapidement des propositions faites à

¹⁰³ Dans l'éco quartier, l'affichage politique était aussi de limiter la densité à 100 logements/hectare.

dières d'expert méritent aussi, dans un second temps, d'être rediscutées avec les experts. En effet, ceux-ci fournissent des éléments que le modèle n'a pas pu prendre en considération.

3.2.2.2 Analyse de robustesse

Dans les évaluations ex-post, des variations faibles de 1% de la totalité des unités de zonage (ce qui correspond à 5 unités au total) sont tolérées. Dans cette évaluation ex-ante, 69 propositions de changement de zonage sont analysées. On cherchera pour l'analyse de robustesse des plages de variations créant au maximum une variation de 1%, soit impactant une seule unité de zonage.

Ce choix de rechercher la plage de stabilité quasi-parfaite s'explique par le fait que le nombre d'unités de zonage à analyser est réduit, et que l'enjeu de modification des règles d'urbanisme peut être sensible du point de vue de l'acceptation par la population. Toutefois, selon le contexte de l'analyse, rien n'empêche un décideur de considérer d'autres plages de variation un peu plus étendues comme acceptables.

- Analyse de robustesse du seuil de coupe

On trouve un seuil de coupe parfaitement stable sur $[0,7 ; 0,76]$. Avec 0,77, les résultats deviennent légèrement instables et avec beaucoup d'incomparabilités.

- analyse de robustesse sur le ratio p/q

On teste la robustesse du ratio p/q avec $p/q = 1,5$ puis $p/q = 2,25$ et $p/q = 2,5$ (soit $q = 5$, $p = 7,5$, puis $p = 11,25$; puis $p = 12,5$, car on doit avoir $p < v$) en faisant varier le ratio indicateur par indicateur (pour les 3 actions de référence).

- avec $p/q = 1,5$ soit $q=5$, $p=7,5$: sur les 5 indicateurs, aucun effet sur les résultats de l'assignation, mis à part un écart de 1% lorsqu'on fait varier les seuils pour l'indicateur correspondant aux équipements scolaires et d'accueil de la petite enfance.

- avec les ratios $p/q = 2,25$ et $2,5$, on obtient aucune variation sur les résultats.

Ainsi, le ratio p/q n'impacte pas les résultats sur $[1,5 ; 2,5]$.

- analyse de robustesse sur p et q, en gardant un ratio stable égal à 2

Ici, on garde un ratio p/q égal à 2, et on va faire varier p et q indicateur par indicateur (en gardant les mêmes p et q sur les autres indicateurs).

- on divise les seuils par deux ($q=2,5$, $p=5$). Avec ces paramètres, l'assignation est stable.

- on augmente p et q tels que $q = 6$, $p = 12$ puis $q = 7$, $p = 14$. On obtient quelques variations avec ces dernières valeurs.

Au vu de ces résultats, on peut considérer la plage de stabilité $[2,5 ; 5]$ pour q et $[5 ; 10]$ pour p (avec un ratio p/q toujours égal à 2).

- analyse de robustesse sur le seuil de veto

Avec : seuil de coupe = 0,76 ; $q=5$ et $p=10$, on fait varier le seuil de veto. On obtient des résultats stables avec le seuil de veto appartenant à $[14 ; 23]$. Avec un veto égal à 30, les différences deviennent très importantes, et impactent les classes les plus basses 1 et 2 avec des variations dans ces deux classes de l'ordre de 30%.

- analyse de robustesse sur les actions de référence

On a défini :

Pr3 = 25 % de couverture de l'unité de zonage par la zone d'influence autour de l'aménité

Pr2 = 50 % de couverture

Pr1 = 75% de couverture

On teste la sensibilité de ces actions sur la plage $[+5\%, -5\%]$, indicateur après indicateur.

Pour chaque indicateur, on teste d'abord $Pr3 = 20\%$, $Pr2 = 45 \%$ et $Pr1 = 70\%$, puis $Pr3 = 30\%$, $Pr2 = 55 \%$ et $Pr1 = 80\%$.

Les résultats montrent qu'une variation de -5% provoque des variations de l'ordre de 2% dans les classes. L'indicateur le plus sensible étant l'indicateur de couverture par la zone d'influence des transports en commun. Une variation de $+5\%$ provoque des variations de l'ordre de 3%.

Si on recherche une plage de stabilité quasi parfaite dans ce cadre ex-ante (variations inférieures ou égales à 1%), on obtient la plage très contraignante $[-1\%, +1\%]$.

3.2.2.3 Seconde évaluation ex-ante des propositions de changement de zonage : veto sur l'indicateur de couverture par la zone d'influence des transports en commun réglementaire, pondération double sur l'indicateur de couverture par la zone d'influence des transports en commun

3.2.2.3.1 Description des paramètres, et résultats

Ce second test donne encore plus d'importance à l'indicateur de couverture des unités de zonage par la zone d'influence des transports en commun, en doublant le poids de cet indicateur. Les autres paramètres : seuils d'indifférence, de préférence, de veto, de coupe sont inchangés.

La comparaison des deux tests avec un seuil de veto équivalent, mais avec une pondération de 1 puis de 2 sur l'indicateur de couverture par les transports montre que les résultats sont très semblables. On obtient en effet ici, avec un seuil de coupe égal à 0,76 et en procédure pessimiste les résultats suivants : 35% en classe 4, 7% en classe 3, 3% en classe 3 et 55% en classe 1. De même qu'au test précédent, de nombreuses incomparabilités sur plusieurs actions de référence sont générées. On a observé une différence défavorable uniquement sur 2 unités de zonage, présentées plus loin.

Un second test réalisé cette fois ci avec la pondération double, mais sans veto a donné exactement les mêmes résultats qu'avec le veto et la pondération double (mêmes nombre d'actions jugées incomparables).

On peut donc conclure que la pondération double de l'indicateur et sans mettre de veto a quasiment le même effet dans cette analyse que d'imposer un veto sur l'indicateur, sans le pondérer. Après observation des résultats, imposer une pondération, ou un veto sur l'indicateur génèrent quasiment autant d'incomparabilités, car les deux méthodes génèrent des degrés de crédibilité faibles ; et on obtient de ce fait les mêmes pourcentages d'affectation dans les classes en mode pessimiste. Coupler l'introduction d'un seuil de veto et une pondération double sur l'indicateur n'a d'effet que sur deux unités de zonage (voir ci-dessous) si on fait la comparaison avec le test précédent.

Les figures ci-dessous montrent les deux unités de zonages qui ont vu un changement entre les deux tests (figures 74 et 75).

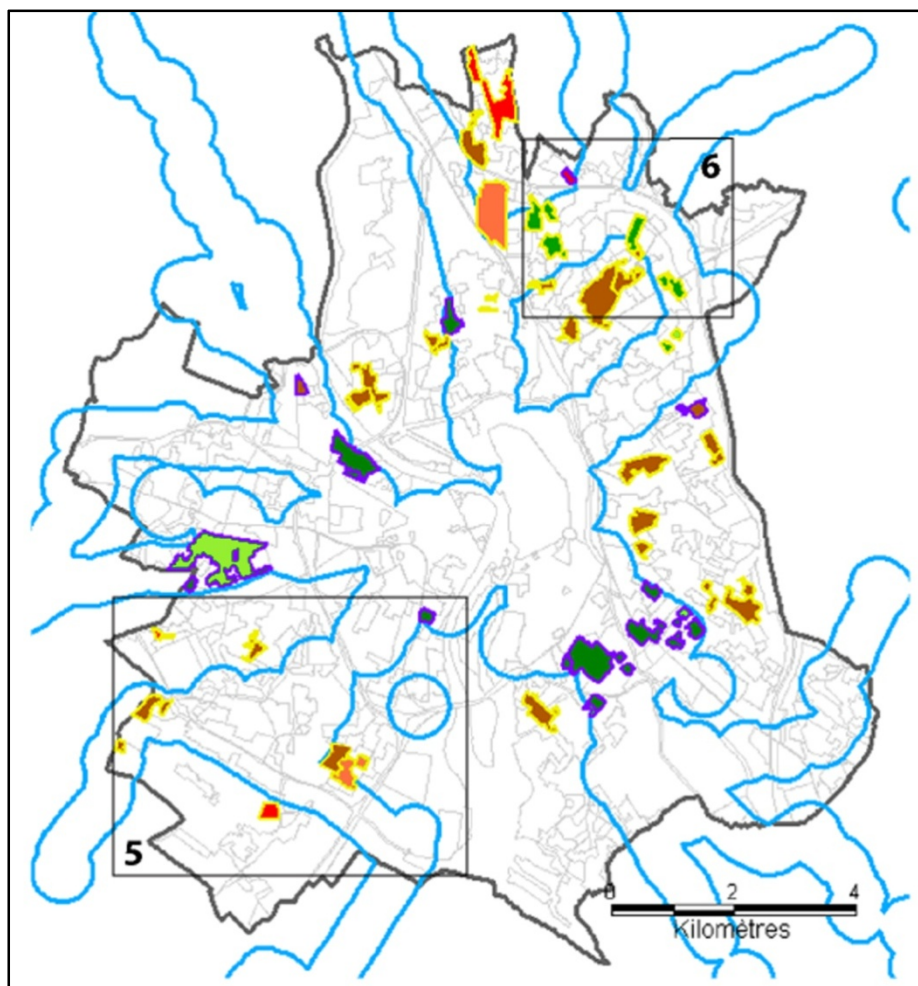


Figure 74. Carte d'assemblage pour l'évaluation ex-ante n°2

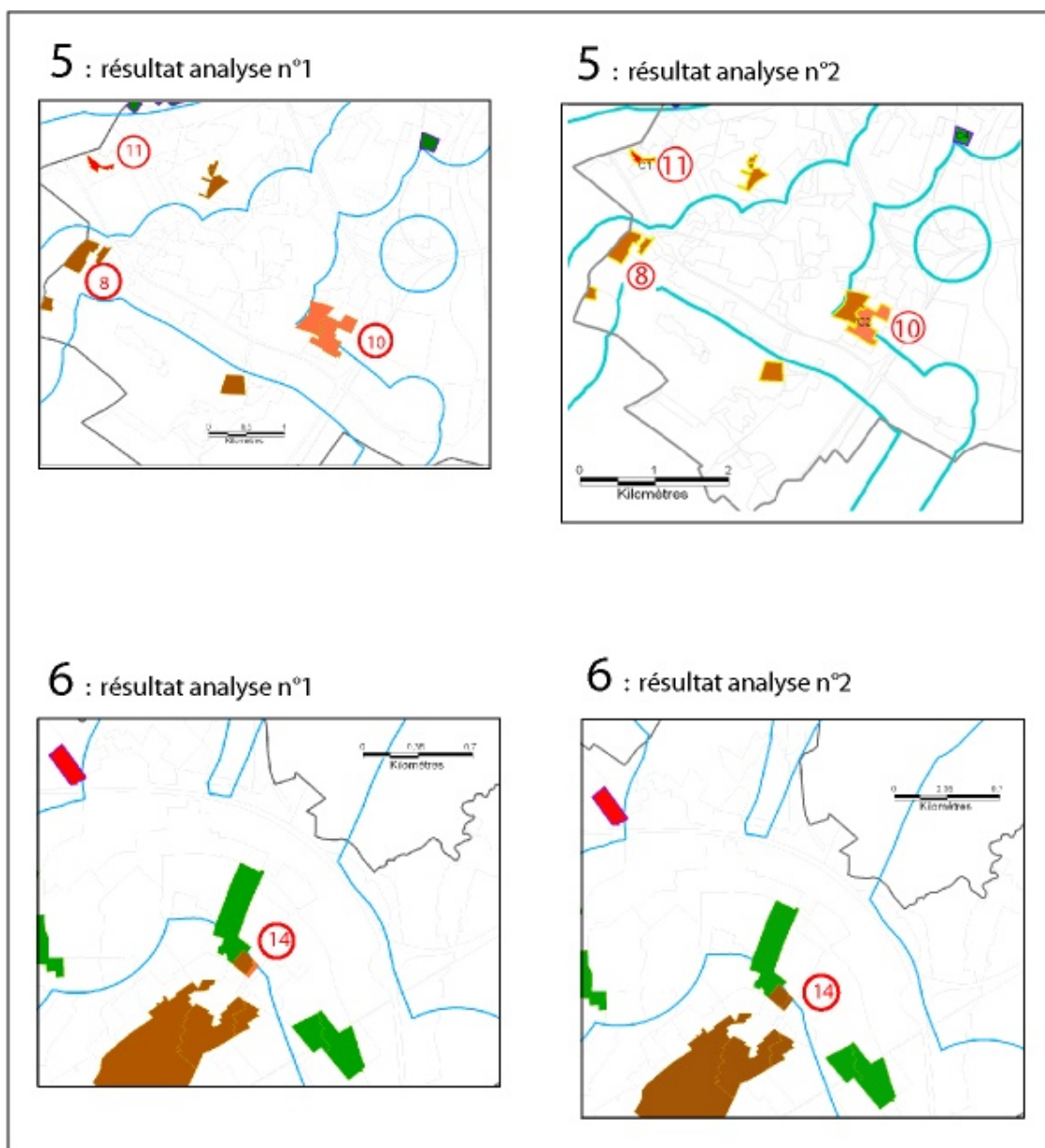


Figure 75. Zooms sur les portions de territoire pour lesquelles on observe une différence sur le résultat des deux assignations dans le cadre ex-ante

Ces résultats montrent que pour l'unité de zonage numérotée 10, le couplage veto et pondération double pour la zone d'influence donne des résultats plus stricts en mode pessimiste car l'unité la plus à l'ouest passe de la classe 2 donc à un résultat moyen à la classe 1, mais avec des incomparabilités sur les 3 actions de référence (ce résultat est peut-être aussi, du fait de ces trois incomparabilités, « trop strict »).

Pour l'unité de zonage numérotée 14, le résultat est similaire avec un passage en classe 1 en mode pessimiste (mais avec des incomparabilités). Ces deux changements observés, pour les 69 unités de zonage analysées, sont les seules liées à l'introduction du poids doublé sur l'indicateur.

En conclusion, dans le cadre de cette évaluation ex-ante, l'introduction d'un seuil de veto en zone d'influence des transports puis d'une pondération double sur l'indicateur donnent quasiment les mêmes résultats, à deux unités de zonage près sur les 69 étudiées. Il semblerait donc que, pour ce test en particulier, le décideur puisse avoir le choix entre mettre un veto, ou introduire une pondération double sur l'indicateur, sans y mettre pour autant de veto.

3.2.2.3.2 Analyse de robustesse

- analyse de robustesse du seuil de coupe

On trouve un seuil de coupe parfaitement stable sur [0,71 ; 0,8].

- analyse de robustesse sur le poids attribué à l'indicateur relatif à la zone d'influence des transports en commun

Avec le veto égal à 15 attribué à l'indicateur de couverture par les transports, la plage de variation du poids est stable sur [2 ; 4] (variations inférieures ou égales à 1%). Avec un poids égal à 5, on observe des variations de 6% dans les catégories.

Avec le veto sur l'indicateur 1, comme on l'a déjà dit, il semblerait aussi qu'une pondération de l'indicateur ne soit pas utile, puisque les résultats sont stables pour une large plage de valeurs. La différence avec le test précédent est d'ailleurs faible, car avec un poids équivalent sur les indicateurs, on observait 3% de différence seulement.

Les degrés de crédibilité qui restent faibles, et qui génèrent des incomparabilités expliquent ces pourcentages d'affectations stables dans les classes, classées très strictement en mode pessimiste.

- analyse de robustesse sur le ratio p/q

Comme pour le test précédent, on teste la robustesse du ratio p/q avec $p/q = 1,5$ puis $p/q = 2,25$ et $p/q = 2,5$ (soit $q = 5$, $p = 7,5$, puis $p = 11,25$; puis $p = 12,5$, car on doit avoir $p < v$), en faisant varier le ratio indicateur par indicateur et pour les 3 actions de référence.

On n'observe aucune variation sur les résultats ; le ratio est stable sur [1,5 ; 2,5].

- analyse de robustesse sur p et q, en gardant un ratio stable égal à 2

Ici, on garde un ratio p/q égal à 2, et on va faire varier p et q indicateur par indicateur (en gardant les même p et q sur les autres indicateurs).

On modifie pas à pas les valeurs de p et q de manière à obtenir une plage de valeur de stabilité la plus grande possible.

On obtient la plage de stabilité [5 ; 6] pour q et [10 ; 12] pour p (avec un ratio p/q toujours égal à 2), les résultats sont donc assez sensibles à ces paramètres. En effet, avec les autres valeurs suivante testées q= 2,5 ; 4 ; 7 et p = 5 ; 8 et 14, on obtient des variations supérieures à 1% (le plus souvent, 2 à 3%).

- analyse de robustesse sur le seuil de veto

Avec un seuil de coupe égal à 0,76 ; q=5 et p=10, et un poids double pour l'indicateur correspondant à la zone d'influence des transports on fait varier le seuil de veto. On n'observe aucun changement lorsqu'on modifie le veto, et ce, sur une très grande plage de valeurs. Le veto n'a aucune action sur les résultats pour ce test où la pondération est double sur l'indicateur de couverture par les transports en commun. Ici encore, les degrés de crédibilités souvent initialement faibles, et créant des incomparabilités restent faibles avec l'évolution du veto, ce qui ne change pas les pourcentages d'unités de zonage affectées dans les classes en mode pessimiste.

- analyse de robustesse sur les actions de référence

Comme précédemment, on fait varier les actions de référence autour de leur valeur initiale égales à 25%, 50% et 75%. Des variations de -2% à +2% autour de ces valeurs ne provoquent pas plus de 1% de variations. Au-delà, à partir de -3% et +3% on obtient des variations supérieures de 2 à 3%. Par exemple, avec +5%, on obtient 3% de différences d'assignation dans les classes (avec l'indicateur de couverture par la zone d'influence des transports en commun), et avec -5%, sur le même indicateur, des variations de 2%.

3.2.3 Conclusion : l'analyse multicritère, outil d'évaluation ex-post et outil d'aide à la décision prospectif pour l'urbanisme réglementaire

L'application d'une méthode d'évaluation multicritère telle qu'ELECTRE TRI a permis d'évaluer chacune des 5 zones du PLU de Toulouse sur la base des trois enjeux importants en urbanisme réglementaire que sont la densité, les espaces libres et les aménités présentes sur chaque zone, et en prenant comme référence, pour la comparaison, les caractéristiques de l'ensemble du territoire analysé.

Ces trois enjeux favorisent aussi l'analyse de certains des objectifs relevant de « l'urbanisme durable » sur lesquels doivent porter les PLU (cf. l'article L121-1 du code de l'urbanisme). Enfin, ils sont aussi liés à la notion d'intensité urbaine au sens de Da-Cunha et Kaiser (Da Cunha et Kaiser 2009b), mais de manière non exhaustive car la méthode ne prend pas en compte de critère relevant d'éléments plus subjectifs.

La méthode a été appliquée de manière à dresser un bilan des effets du plan (logique ex-post). Une application ex-ante a permis de valider des choix d'évolution réglementaire, avant l'approbation du plan.

Pour ce qui est de l'application dans le cadre ex-post, dans l'ensemble, les résultats confirment la perception des caractéristiques des zones que l'on peut avoir grâce à une connaissance et une expérience du territoire. Cependant, ces analyses ont également mis en avant les ressemblances et les différences entre les zones. Ces analyses apparaissent aussi comme un moyen de faire le lien entre les caractéristiques du territoire, le zonage et le règlement du PLU. Enfin, elles soulignent des cas particuliers qui peuvent amener les rédacteurs des PLU à rediscuter des règles précédemment édictées.

- Pour l'enjeu de densité, il ressort, de manière évidente, que les faubourgs et les zones d'accueil de l'habitat collectif sont plus denses que les zones d'habitat individuel. Toutefois, les analyses sectorielles telles que celles qui concernent l'évolution de la densité et la dispersion par rapport à la densité maximale observée apportent des informations qu'il est difficile de percevoir de manière intuitive.

- Pour l'enjeu relatif aux espaces libres, il ressort que la zone UA3 est la moins pourvue des zones analysées. Les meilleurs résultats sont obtenus pour la zone d'habitat majoritairement collectif (UB2) et la zone pavillonnaire (UC2), avec une homogénéité des espaces libres pour cette zone. De plus, pour les cinq zones analysées, on remarque que la plus dense (la zone de faubourgs UA3), que l'on sait très bien équipée en espaces verts publics (voir l'indicateur au paragraphe 2.3.4.3), est celle qui comporte le moins d'espaces libres privés. A l'inverse, la zone analysée la moins dense, qui est la zone pavillonnaire UC2,

présente une très forte proportion d'espaces libres, mais est moins pourvue en espaces verts publics.

- L'analyse des aménités urbaines montre que, dans l'ensemble, les zones d'hypercentre et de sa périphérie sont parfaitement équipées. Les zones montrant des disparités sont la zone UC1 d'habitat individuel pavillonnaire ou en bande et la zone UB1 d'habitat diversifié. Les zones économiques et d'activités aéronautiques et aéroportuaires (UE1, UE2, UE3) sont, sans surprise, moins bien équipées, ainsi que la zone pavillonnaire UC2.

Cette analyse des aménités, grâce à la cartographie obtenue, pourrait servir aux rédacteurs des PLU et aux autres acteurs de la gestion territoriale à donner la priorité au développement d'équipements sur les unités de zonage qui en auraient besoin. Enfin, cela peut aider à établir un diagnostic territorial qui peut être utilisé comme base dans le cadre des études pour la modification du zonage du PLU, et avant, par exemple, la réalisation d'une analyse ex-ante, telle que nous l'avons réalisée.

L'évaluation ex-ante réalisée a validé une grande partie des propositions de changement de zonage élaborées dans le cadre de la révision du PLU, en réponse à l'enjeu de mise en œuvre d'une cohérence urbanisme-transports-équipements. Lorsque les tests ont invalidé les propositions réalisées, on a vu que cela était dû à d'autres enjeux non pris en compte dans le modèle. Ainsi, l'application ex-ante a révélé que le couplage indicateurs et analyse multicritère ne pouvait se passer d'une discussion avec les experts quant aux résultats obtenus. La méthode proposée ici permet de confirmer ou d'invalider les choix réalisés « à dire d'expert », mais en même temps, ces mêmes experts contribuent à expliquer certains phénomènes que le modèle construit ne peut interpréter seul. La démarche mise en œuvre permet de « cadrer » une discussion avec les experts et cette discussion est nécessaire avant la validation finale des résultats.

En conclusion, il semblerait que l'application de ce type de méthode ait un réel intérêt dans le cadre de l'aide à la décision en urbanisme réglementaire. Cependant, l'analyse multicritère ne peut être utilisée seule. L'expertise, l'expérience, les études de terrain, le couplage à d'autres méthodes d'analyses mathématiques comme par exemple statistiques, etc... doivent accompagner le processus de décision. Ces méthodes aident en effet à compléter les résultats, en termes d'enjeux qui n'ont pas pu être modélisés.

De plus, les indicateurs et méthodes mathématiques doivent aussi être utilisés avec prudence quant au traitement des différentes échelles spatiales. On préconisera de doubler l'utilisation d'indicateurs synthétiques ou de méthode d'agrégation globale par des

indicateurs et analyses traitant d'autres échelles spatiales, afin d'affiner les premiers résultats.

La toute dernière partie de ce chapitre va apporter des résultats complémentaires, en proposant une analyse à partir d'indicateurs calculés à l'échelle du bâti, par le biais des permis de construire.

4. Changement d'échelle : à partir d'une analyse du bâti, création de typologies et recherche d'une cohérence règlementaire

Cette dernière partie propose de changer l'échelle d'analyse en se basant, cette fois-ci, sur une observation du bâti. Les résultats obtenus ici permettront d'affiner ceux déjà obtenus auparavant.

Cette étape correspond à l'étape n°4 de la démarche globale, et consiste, on le rappelle, à répondre aux questions suivantes :

Réalisation d'indicateurs

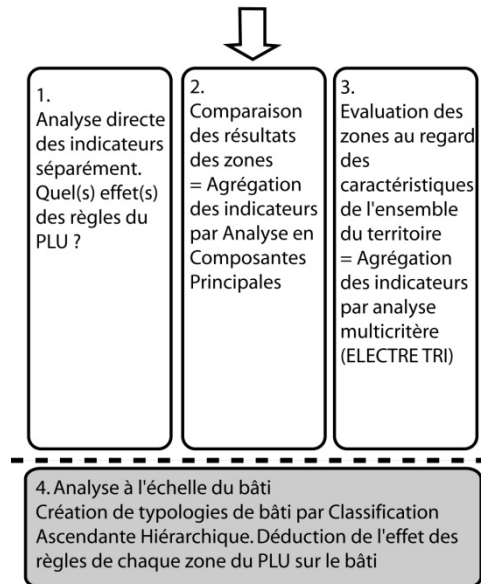


Figure 76. Schéma de la démarche : étape 4

« Est ce que la zone X crée, par le biais de ses règles, une ou plusieurs formes bâties spécifiques ? Sont-elles celles que l'on attendait au regard des règles édictées ? Retrouve-t-on ces formes dans d'autres zones ? »

Afin d'y répondre, on calcule d'abord, pour chaque permis pris séparément, les indicateurs correspondants tels que le COS, le CESL et les dispersions.

On réalise ensuite, à partir de ces indicateurs, une Analyse en Composantes Principales (ACP) qui va permettre de rendre les variables indépendantes. C'est, en effet, à partir des coordonnées des observations sur les axes générés par l'ACP que l'on va réaliser une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)¹⁰⁴. On rappelle que la CAH consiste à agréger les éléments deux à deux en fonction de leur ressemblance multivariée, jusqu'à ce qu'ils soient tous regroupés grâce à un procédé hiérarchique. A la fin, les sous-groupes créés seront homogènes. Dans notre cas, les sous-groupes vont représenter des « typologies de bâti ».

¹⁰⁴ La présentation de ces méthodes se trouve au chapitre 1, de la partie 3.

L'étape suivante consiste à analyser les caractéristiques de chaque type ainsi que leur répartition dans les différentes zones du PLU.

Ces résultats sont aussi comparés avec ceux précédemment obtenus avec les analyses réalisées à l'échelle des zones.

4.1. Classification des permis de construire à partir de la surface de la parcelle, du COS, et des espaces libres

L'objectif de ces analyses est d'observer s'il existe un regroupement entre les permis d'une même zone sur la base du COS, du CESL et de la taille des parcelles. Cela montrerait que la définition réglementaire d'une zone implique une typologie bâtie spécifique. Au contraire, s'il s'avère que les permis d'une même zone appartiennent à différents types, on essaiera d'analyser la logique réglementaire qui pourrait expliquer ce résultat.

Pour ces analyses, on utilise les permis pour lesquels on a pu calculer le CESL. Il s'agit donc des mêmes données que celles utilisées pour les indicateurs de l'enjeu « espaces libres », à une différence près : contrairement aux indicateurs réalisés pour l'enjeu des espaces libres à l'échelle de la zone, pour lesquels on avait aussi pris en compte les permis à destination d'extensions et de surélévations, on tient compte pour cette analyse uniquement des constructions neuves. En effet, on a besoin ici de calculer pour le même permis de construire le CESL et le COS de l'ensemble du bâti sur la construction, ce qui nous oblige à procéder ainsi.

On procède d'abord à une Analyse en Composantes Principales afin d'identifier d'éventuelles corrélations entre les variables, puis on procède à une CAH sur les axes de les plus représentatifs obtenus grâce à l'ACP (Dumolard, 2005).

La matrice de corrélation est présentée ci-dessous (tableau 43) et elle montre que le COS et le CESL sont assez fortement corrélés négativement (quand le COS est grand, le CESL tendance à être petit et vice versa). La contribution des variables aux axes montre par ailleurs que l'axe 1 correspond aux COS et CESL et l'axe 2 correspond, en majeure partie, à la variable « taille de la parcelle »¹⁰⁵ à 87,7% des données (voir le tableau 44 et la figure 77).

De plus, les axes 1 et 2 représentent à eux deux 87% des données, ce qui est suffisant pour baser une CAH sur les coordonnées des permis au regard de ces axes.

¹⁰⁵ La qualité de la représentation de la donnée par l'axe factoriel est vérifiée par des cosinus carré importants.

Variables	Taille de la parcelle	CESL	COS
Taille de la parcelle	1	0,104	0,194
CESL	0,104	1	-0,539
COS	0,194	-0,539	1

Tableau 43. Matrice de corrélation de l'ACP pour la première analyse sur les permis (CAH)

	Axe F1 (51,57%)	Axe F2 (35,5%)	Axe F3 (12,93%)
Taille de la parcelle	1,581	87,709	10,710
CESL	46,790	10,289	42,921
COS	51,629	2,002	46,369

Tableau 44. Contributions des variables aux axes (%), pour la première analyse sur les permis (CAH)

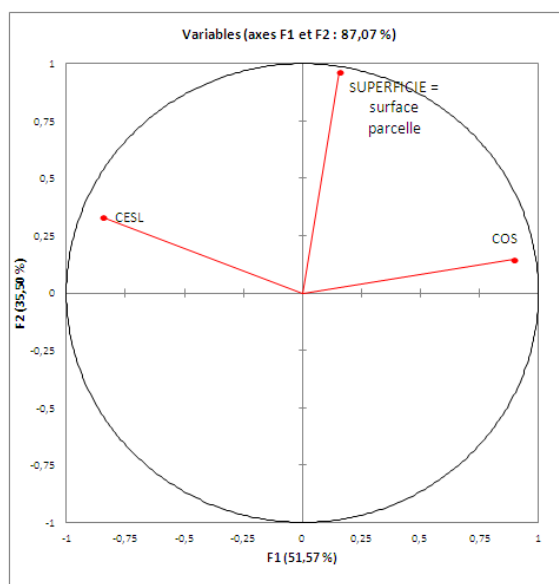


Figure 77. Cercle des corrélations variables – axes 1 et 2

Pour la CAH basée sur les axes F1 et F2 de l'ACP, on recommande la création de 5 classes. On pourrait en demander davantage mais il est préférable de ne pas dépasser 5 classes afin de faciliter l'analyse des résultats. Le dendrogramme de la CAH (figure 78) et le tableau ci-dessous (tableau 45) présentent les 5 classes créées, correspondant à 5 typologies de bâti.

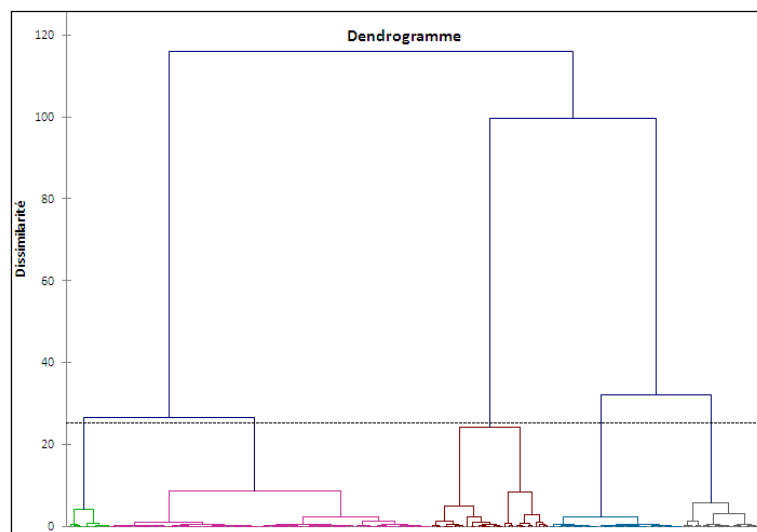


Figure 78. Dendrogramme de la première CAH

Plus précisément, le tableau ci-dessous (tableau 45) montre la provenance des permis (c'est-à-dire la zone dans laquelle ils ont été déposés), ainsi que leur nombre. Les premières colonnes résument les barycentres des classes par rapport aux axes 1 et 2 de l'ACP, et ces « barycentres » ont été traduits en caractéristiques de la classe.

Le graphique ci-dessous (figure 79) aide à visualiser les types créés en fonction de la provenance des permis et de leurs caractéristiques, car il matérialise les classes générées par la CAH à partir du graphe de l'ACP réalisé dans une première étape.

Classe	Barycentre sur l'axe 1 : (COS et CESL)	Barycentre sur l'axe 2 (surtout taille de la parcelle)	Caractéristiques de la classe	Effectif associés	Effectif total
1	2,13	- 0,99	Petite parcelle, COS élevé, CESL faible	15 UA3, 2 UB1, 3 UC1	20
2	0,164	-0,801	Petite parcelle, COS moyen, CESL faible	5 UA3, 11 UB1, 1 UB2, 18 UC1	35
3	-0,93	-0,16	Parcelle petite à moyenne, COS faible, CESL fort	2 UA3, 18 UB1, 5 UB2, 28 UC1, 31 UC2	84
4	-1,11	1,55	Parcelle très grande, COS faible, CESL élevé	1 UA3, 2 UB1, 1 UC1, 7 UC2	11
5	1,35	1,42	Parcelle grande, COS fort, CESL faible	4 UA3, 20 UB1, 5 UB2, 2 UC1	31

Tableau 45. Résultat de la première CAH et provenance des permis affectés dans chaque type généré

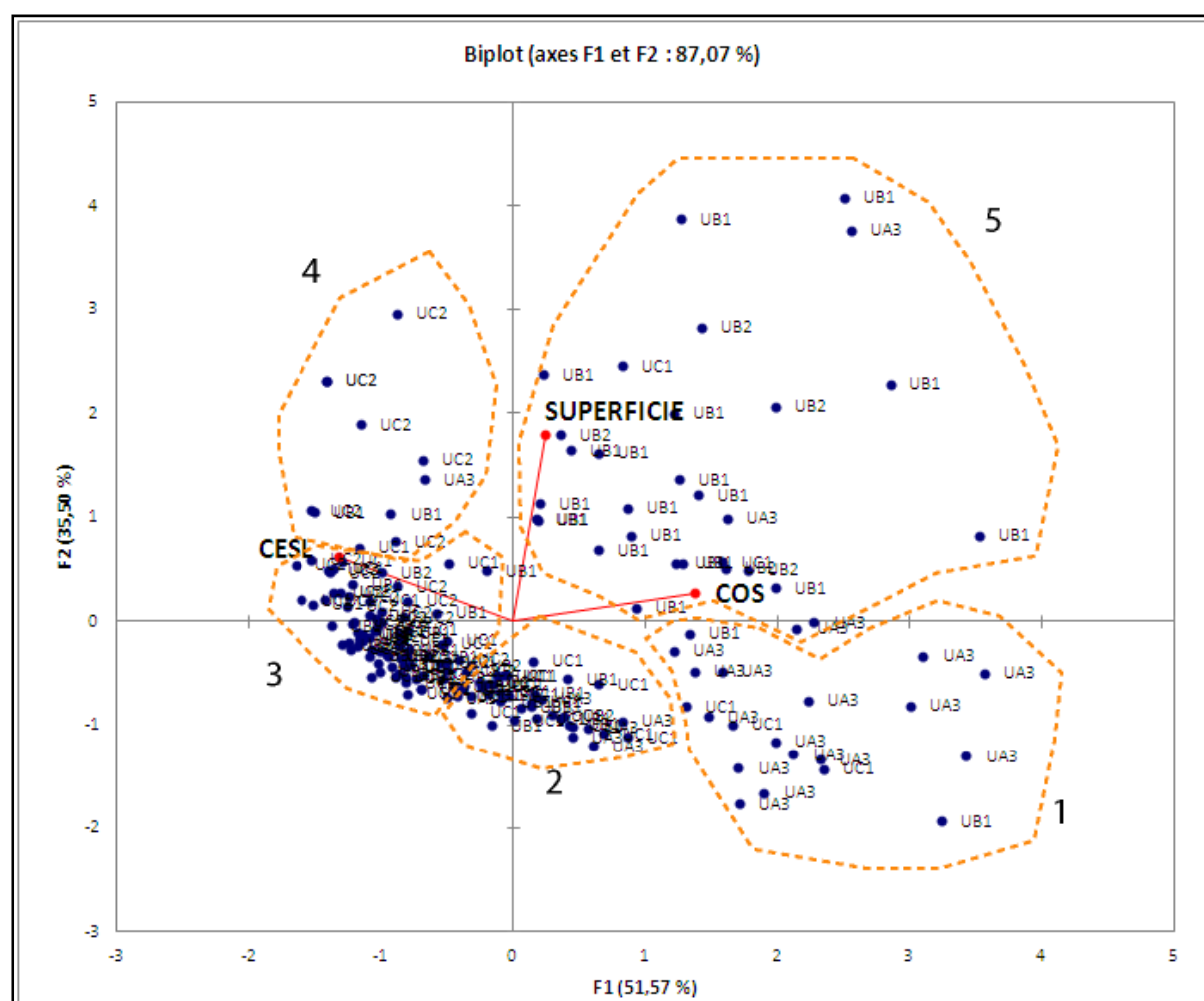


Figure 79. Graphes de l'ACP et matérialisation des 5 classes de la première CAH

Ainsi, avec la CAH réalisée sur la base des axes de l'ACP, on observe les grandes tendances de regroupement suivantes (on donne les pourcentages significatifs) :

Les permis d'UA3 se regroupent à 88% dans 3 classes :

- 55% des permis sont dans une classe où les parcelles sont petites, le COS est élevé et le CESL faible,
- 19% des permis sont dans une classe au COS moyen et au CESL faible pour des petites parcelles,
- Enfin, 15% vont dans une classe correspondant à des grandes parcelles, un COS fort, et un CESL faible.

Globalement, la tendance est bien celle qui a été observée pour la zone, grâce aux indicateurs, à l'agrégation par ACP puis à l'analyse multicritère ; on a bien un COS fort et un CESL faible pour cette zone.

Les permis d'UC2 se regroupent à 100% dans deux classes, et notamment dans une, à 82%. Cette classe correspond à un COS faible et à un CESL fort, avec des parcelles petites à moyennes ; l'autre classe correspond à des parcelles plus grandes. Ces caractéristiques semblent cohérentes avec la forme de bâti pavillonnaire de la zone. De plus, ces résultats sont cohérents avec les résultats qui ont été obtenus avec les indicateurs (COS au PLU et CESL au PLU), puis leur agrégation par ACP, et analyses multicritères (notamment sectorielles).

Les permis d'UC1 se regroupent à 89% dans deux classes :

- 54% dans une classe avec un COS faible, un CESL fort et des parcelles petites à moyennes (identique à celle représentative à 82% des permis de la zone UC2),
- 35% dans une classe présentant un COS moyen, un CESL plus faible et des parcelles plus petites.

La zone UC1 semble ainsi produire deux types de constructions, correspondant bien aux deux types de bâti que présente le PLU¹⁰⁶ à savoir : habitat pavillonnaire ou habitat individuel en bande¹⁰⁷.

¹⁰⁶ D'après la pièce 1C – Les choix du PADD et leur traduction réglementaire du PLU de Toulouse version 3^{ème} modification (21/12/2007)

¹⁰⁷ Ici, il semble que l'on ne retrouve pas les permis à destination de collectifs déposés en UC1 dans ce jeu de données qui sont pourtant une réalité pour la zone. On a en effet dans le jeu de données 6 permis sur 52 à destination de collectifs (soit 11,5%) ce qui est moindre que sur l'ensemble des données utilisées pour les calculs d'indicateurs de COS dans la méthode globale. De plus, 4 des 6 permis collectifs ne sont pas dans les deux classes représentatives ici.

Les permis d'UB1 sont plus équitablement répartis dans 3 classes très différentes à hauteur de 93% du total :

- 38% des permis se regroupent dans une classe au COS fort et au CESL faible,
- 34% sont dans une classe au COS faible et CESL fort,
- 21% vont dans une classe au COS moyen et au CESL faible.

Ces 3 classes correspondent aux 3 types de parcelles (petites, moyennes et grandes) avec des COS et CESL bien différents aussi. Cette diversité des permis de construire déposés correspond bien à la description du PLU à savoir « secteur d'habitat diversifié ». L'analyse multicritère sectorielle sur la « densité au PLU » avait aussi montré un résultat de densité affecté en classe « moyenne » avec la méthode des K-moyennes, qui peut être représentative de cette hétérogénéité des COS des permis.

On ne peut rien conclure **pour la zone UB2** ici, car trop peu de permis rentrent dans cette analyse (car on est limité par la nécessité d'avoir les informations permettant de calculer le CESL).

Si on cartographie ces PC en associant leurs classes obtenues par CAH, on obtient la carte suivante (figure 80) :

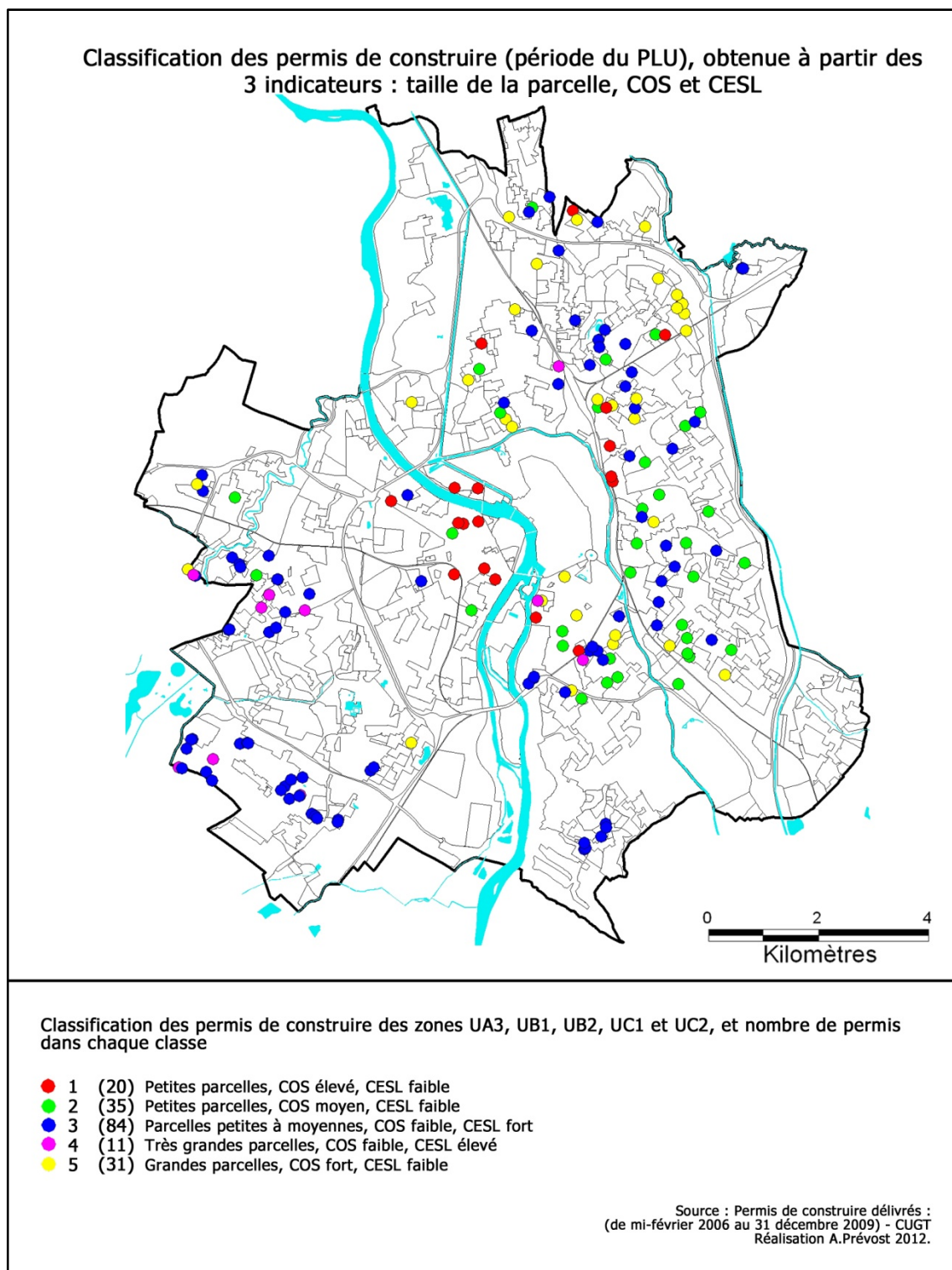


Figure 80. Cartographie représentant les permis de construire analysés et leurs classes

4.2 Classification des permis de construire à partir de la surface de la parcelle, du COS, des espaces libres et des dispersions

Cette analyse complète la précédente ; ici sont ajoutées les variables de dispersion par rapport aux valeurs maximales, pour le COS et le CESL. Ces « indicateurs » sont calculés pour chaque permis¹⁰⁸.

L'ACP sur les 5 indicateurs calculés à l'échelle des permis est réalisée dans un premier temps. On obtient les matrices suivantes (tableaux 46 et 47) :

Variables	Taille de la parcelle	CESL	Dispersion du CESL	COS	Dispersion du COS
Taille de la parcelle	1	0,252	-0,138	0,101	-0,092
CESL	0,252	1	-0,972	-0,528	0,091
Dispersion du CESL	-0,138	-0,972	1	0,491	-0,137
COS	0,101	-0,528	0,491	1	-0,462
Dispersion du COS	-0,092	0,091	-0,137	-0,462	1

Tableau 46. Matrice de corrélation de l'ACP, pour la seconde analyse (par CAH) réalisée sur les permis de construire

On observe surtout une corrélation négative entre la dispersion du CESL et le CESL, ainsi qu'entre le COS et le CESL.

¹⁰⁸ La méthode de calcul des indicateurs de dispersion pour les permis est la suivante : on cherche d'abord, pour chaque zone et chaque type de parcelle la valeur maximale. Ensuite, pour chaque permis on calcule la dispersion relative par rapport à la valeur maximale, de façon similaire au calcul des dispersions de chaque permis de construire lors de la définition des actions de référence pour les analyses multicritères.

	Axe F1 (49,3%)	Axe F2 (26,1%)	Axe F3 (16,5%)
Taille de la parcelle	1,215	37,335	56,674
CESL	35,603	6,486	2,626
Dispersion du CESL	34,654	3,575	5,664
COS	22,944	15,046	0,087
Dispersion du COS	5,584	37,559	34,950

Tableau 47. Contributions des variables aux axes (%), pour la seconde analyse (par CAH) réalisée sur les permis de construire

L'axe 1 est surtout représenté par le CESL, sa dispersion et le COS ; l'axe 2 par la dispersion du COS et la taille des parcelles des permis. Ces deux axes représentent au total 75,4% des données.

On réalise ensuite la CAH en utilisant les coordonnées des observations projetées sur les deux premiers axes de l'ACP. On réalise alors la création de 5 classes (voir le dendrogramme, figure 81).

Les résultats obtenus sont rapportés dans le tableau suivant ainsi que dans le graphe de l'ACP où sont représentées ces classes (tableau 48, figure 82).

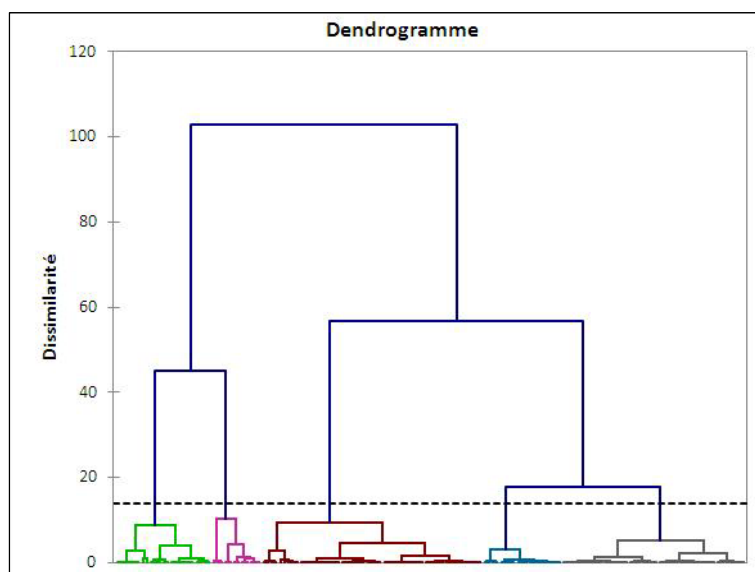


Figure 81. Dendrogramme de la seconde CAH

Classe	Barycentre sur l'axe F1	Barycentre sur l'axe F2	Effectifs associés	Effectif total
1	-3,6	0,8	10 UA3 ; 2 UC1	12
2	-0,87	1,05	4 UA3 ; 9 UB1 ; 6 UC1	19
3	0,93	0,95	2 UA3 ; 15 UB1 ; 26 UC1	44
4	-1,4	-1,4	5 UA3 ; 12 UB1 ; 4 UB2 ; 2 UC1	23
5	0,99	-0,64	9 UB1 ; 2 UB2 ; 9 UC1 ; 33 UC2	53

Tableau 48. Résultat de la seconde CAH et provenance des permis affectés dans chaque type généré

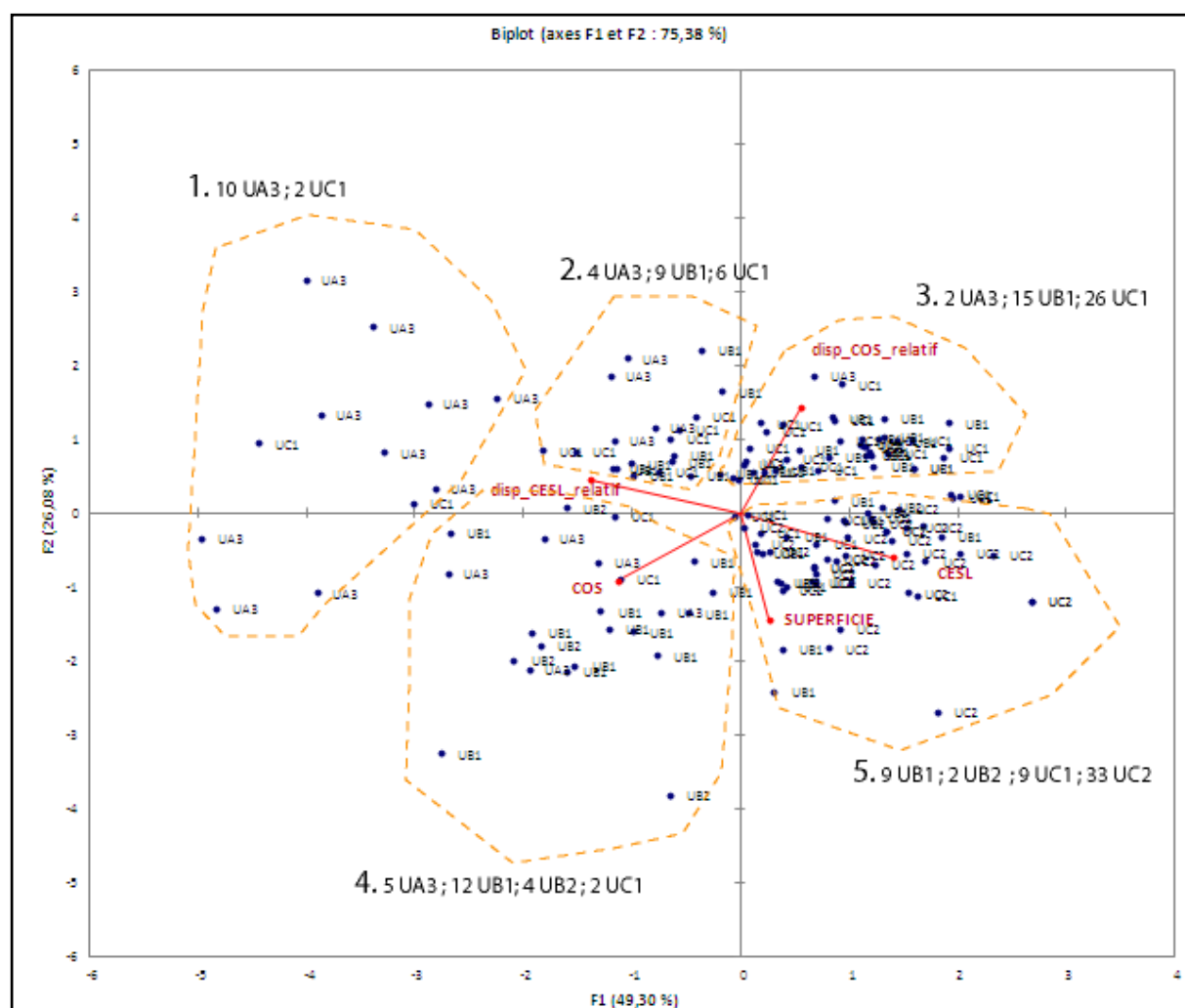


Figure 82. Graphe de l'ACP et matérialisation des 5 classes de la seconde CAH (5 indicateurs)

Si on regarde maintenant le comportement des permis de construire de chacune des zones, on retrouve globalement les mêmes pourcentages que dans l'analyse précédente :

Les permis d'UA3 se regroupent à 90% dans 3 classes :

- 48 % vont dans une classe correspondant aux petites parcelles, avec un CESL faible, un COS très fort et une dispersion par rapport aux COS maximaux forte,
- 19% des permis vont dans une classe assez similaire. Les parcelles sont aussi petites, le COS est assez fort, le CESL est faible et la dispersion par rapport aux COS maximaux est très forte,
- 23% des permis vont dans une classe correspondant à de grandes parcelles, avec un COS fort, un CESL faible et une dispersion par rapport aux COS maximaux faible.

Les indicateurs de l'enjeu de densité étudiés précédemment dans la thèse et à l'échelle de la zone ont montré, suite à l'agrégation par ACP (comparaison des zones entre elles) et analyse multicritère (positionnement des zones par rapport à l'ensemble du territoire), une dispersion acceptable pour la zone UA3. Néanmoins, dans l'analyse plus fouillée de l'indicateur, on a vu que la dispersion est plus forte pour les petites et moyennes parcelles et plus faible pour les grandes et très grandes parcelles. Cela semble cohérent avec les résultats obtenus ici.

Les permis d'UC2 sont entièrement regroupés dans une seule et même classe. Les parcelles sont moyennes, le CESL aussi, le COS et la dispersion par rapport aux valeurs de COS maximal sont faibles. Les permis d'UC2 forment donc une seule et même forme bâtie. Dans la méthode globale, l'analyse des dispersions par rapport aux COS max a montré qu'une grande partie des permis (43% d'entre eux) était déposée sur des parcelles moyennes avec une dispersion modérée (0,47). La dispersion était plus forte pour les petites puis les grandes parcelles (0,62 et 0,67). Ici, il semblerait que la typologie créée par CAH reflète cette dispersion plus modérée pour les parcelles moyennes.

Les permis d'UC1 se regroupent pour 90% d'entre eux dans 3 classes :

- 57% sont dans une classe qui concerne des petites parcelles, un COS modéré, un CESL fort et une dispersion par rapport aux COS max élevée,
- 20% des permis sont dans une classe où les parcelles sont plutôt de tailles moyennes, le CESL aussi, le COS et la dispersion par rapport aux valeurs de COS maximaux sont faibles (classe où se regroupent tous les UC2). On avait vu dans le calcul de l'indicateur de dispersion que pour les parcelles moyennes, on observait une dispersion moyenne (dans l'analyse sans les collectifs). Après analyse précise des permis de construire d'UC1 qui entrent dans cette classe, on voit bien que ce sont effectivement des permis à destination d'habitat individuel. De plus, 4 sont déposés sur des petites parcelles, 5 sur des parcelles de taille moyenne. On rappelle que l'indicateur calculé pour ces types de parcelles pour les

permis d'UC1 de maisons individuelles avait donné une dispersion par rapport au COS max moyenne (0,57 et 0,56),

- enfin, 13% des permis vont dans une classe où les parcelles sont petites, le COS est assez fort, le CESL est faible et la dispersion par rapport aux COS maximaux est très élevée. En regardant là aussi les permis de cette classe de manière plus précise, leur dispersion vaut entre 0,5 et 0,6, or les indicateurs calculés pour la zone ont donné 0,57 pour les petites parcelles. Le résultat est donc cohérent.

Les permis d'UB1 se dispersent intégralement dans 4 zones. Ici aussi, les regroupements sont du même ordre : 33%, 27%, 20% et 20%. Les 4 classes représentées (3 ; 4 ; 2 ; 5) sont très différentes.

Quant à la zone UB2, il y a trop peu de permis pour conclure sur les résultats. On voit simplement que 4 permis sur 6 vont dans une classe au COS fort et à la dispersion par rapport au COS max faible ; et 2 permis vont dans une classe au COS faible et à la dispersion par rapport au COS faible.

Conclusion : Bilan de l'étude des permis par Classification Ascendante Hiérarchique dans le cadre de l'évaluation réglementaire

Les résultats obtenus ici, se rapportant à l'analyse des permis de construire valident la plupart des résultats obtenus à l'échelle de la zone, par les indicateurs pris séparément, ainsi que dans leur ensemble (agrégés).

Cette analyse statistique permet aux rédacteurs des PLU d'apprécier les éventuelles « typologies » créées dans chaque zone, ce qui peut les amener à valider l'effet attendu des règles ou à les adapter. Elle est aussi complémentaire aux analyses réalisées pour les zones, car à cette échelle, les calculs basés principalement sur des moyennes ne permettent pas d'obtenir des résultats aussi fins.

La conclusion globale que l'on peut faire au vu des résultats pour chaque zone est que, dans chacune, il y a des permis qui sont semblables à d'autres permis, déposés dans d'autres zones. La règle stricte qui voudrait que pour chaque forme bâtie corresponde une seule zone et ses règles propres n'existe pas. Cela est cohérent avec la « forme » que prennent les règles, souvent définies comme normes « plafond », et qui permettent donc logiquement différents types de bâti. La zone UB1, avec ses formes variées reflète bien ce

phénomène. Cela est surtout vrai pour les zones permettant une constructibilité assez forte, où les normes « plafond » permettent plusieurs types de formes intermédiaires, remplissant différemment l'enveloppe réglementaire (c'est plus difficile pour une zone où la hauteur maximale est limitée à 7 m).

Cependant, on a aussi observé, pour les zones UA3, UC1 et UC2 en particulier, que les permis se regroupent aussi *en nombre* dans certains groupes de la CAH. Ainsi, on a remarqué que les zones ne génèrent pas une forme spécifique, mais chaque zone engendre un certain nombre de « types » représentatifs, que l'on peut aussi retrouver en nombre moins important dans d'autres zones. En conclusion, les caractéristiques des zones semblent être bien reflétées par les différents types qu'elles produisent et leur représentativité.

Concernant la démarche, il semble important de préciser que l'utilisation de ces méthodes statistiques doit permettre d'affirmer des tendances, sans essayer de conclure trop strictement sur les résultats. En effet, nous décrivons les classes à l'aide des barycentres que renvoie XLSTAT comme un des résultats de la CAH. Or, les valeurs correspondant aux objets d'une classe peuvent pour un indicateur donné avoir une amplitude de variation assez forte. La CAH, en créant des regroupements sur des critères de ressemblance et de différence sur plusieurs variables, admet pour les indicateurs pris individuellement des variations dans les données. L'utilisation de ces méthodes nécessite de trouver un équilibre entre un nombre de classe suffisamment réduit, qui permette rapidement d'apprécier des « tendances » dans les résultats, et en même temps un nombre de classes suffisamment élevé, qui permette de réduire les différences entre objets regroupés.

Conclusion générale

La thèse a abordé les impacts de la planification urbaine sur les villes en se concentrant sur les outils de la planification à l'échelle locale que sont les plans locaux d'urbanisme, et plus particulièrement leurs outils de mise en œuvre, à savoir le zonage et le règlement.

La première partie avait pour objectif premier la mise en exergue du rôle des évolutions sociétales sur les dynamiques urbaines, et sur les décisions prises quant au développement des villes. Les objectifs de la planification urbaine sont avant tout le reflet des évolutions de la société et des différentes politiques nationales et locales. Dans un tel contexte, les problèmes environnementaux et urbains qui sont apparus et se sont amplifiés vers les années 1970, ont ensuite fait émerger une nouvelle conscience écologique et « d'urbanisme durable », qui a fait évoluer fortement la législation. En conséquence, les objectifs et les pratiques en urbanisme et en planification urbaine, ont évolué.

La forme et la portée des documents d'urbanisme français actuels sont également le résultat de ces phénomènes de société. Le « développement durable » est devenu un des objectifs majeurs des plans d'urbanisme, et doit d'ailleurs être porté, au sein du PLU, dans un Projet d'Aménagement et de Développement Durables (PADD), depuis 2000.

Cependant, si ces évolutions en vue du « développement durable » sont vertueuses, la mise en œuvre d'un « urbanisme durable » n'est pas chose évidente. La notion de « durabilité urbaine », semble faire consensus, malgré l'absence de norme garantissant une définition précise. De plus, le « développement durable » peut sembler complexe, et appliqué aux villes, où interagissent entre eux les flux et les fonctions urbaines, il est difficile d'être certain que les orientations portées dans le PADD vont avoir les effets attendus.

Cela nous amène à aborder les caractéristiques de la planification urbaine : nous avons vu qu'elle portait une part d'indéterminisme, que la définition des objectifs était soumise à des contraintes liées aux différentes échelles auxquelles elle s'applique. De plus, si la législation est volontariste pour ce qui est de la prise en compte d'enjeux de durabilité urbaine, la mise en œuvre locale de ces principes dépend aussi de l'incidence des évolutions sociétales, des modes de vie, et bien sûr, du portage politique à l'échelle locale.

Les PLU disposent d'un certain nombre d'outil qui permettent la traduction de ces principes. Cependant, l'actuelle complexité réglementaire ne semble pas faciliter leur mise en œuvre. Les récentes évolutions de la réglementation montre une réelle prise de conscience de ces difficultés, en témoignent le développement de « l'urbanisme de projet » dans les PLU par le

biais des Opérations d'Aménagement et de Programmation, ainsi que l'impulsion donnée aux plans locaux d'urbanisme intercommunaux.

La question des impacts de la planification sur l'environnement est également devenue un enjeu majeur. Les évaluations environnementales, devenues de plus en plus complètes, ainsi que le contrôle strict de la part de l'État sur la qualité de ces démarches témoignent de cette réalité.

La deuxième partie a abordé les méthodes d'évaluation des procédures et documents de planification. Nous avons montré que l'évaluation environnementale, appliquée aux PLU semble permettre, par le biais de l'étude d'incidence, de limiter les impacts des plans, en adaptant les projets au cours de leur élaboration. Quant au dispositif de suivi des PLU, qui prend la forme d'indicateurs environnementaux, ou de « développement durable », il semble que leur intérêt premier soit de révéler la performance globale de l'ensemble des politiques publiques traitant de l'aménagement du territoire, plutôt que de montrer l'effet réel du PLU, dans les fonctions qui lui sont propres.

Les indicateurs des PLU sont donc légitimes dans le sens où ils peuvent pointer du doigt les faiblesses de l'action publique. Ils ont, finalement, la même portée (et la même forme) que l'ensemble des indicateurs de la durabilité des villes présentés dans cette partie deux. La manière dont sont construits ces dispositifs de suivi (les systèmes d'indicateurs doivent être simples et synthétiques), et cette limite quant à l'analyse précise de l'effet des règles et du zonage du PLU, nous conduit à affirmer qu'il est intéressant de développer des méthodes d'analyse de l'effet des PLU, dans un cadre d'aide à la décision. Les développements méthodologiques proposés dans cette thèse, en permettant la comparaison entre les caractéristiques des tissus urbains et le dispositif « zonage plus règlement du PLU », permet d'en déduire les effets, et facilite la prise de décision quant à leur modification. Aussi, ils aident à établir un lien avec certains des objectifs « durables » qui sont ceux des PLU, et énoncés à l'article L121-1 du code de l'urbanisme.

Le développement de la méthode d'évaluation au PLU de Toulouse a amené à la création d'un corpus d'indicateurs du PLU, puis à l'agrégation des résultats obtenus. Dans un premier temps, nous avons pu comparer les zones du PLU en termes de densité, d'espaces libres et d'aménités. Ensuite, les zones ont été comparées par rapport aux caractéristiques de l'ensemble du territoire, grâce à des analyses statistiques et une analyse multicritère ex-post. Cette méthode facilite l'élaboration d'un bilan des effets du PLU sur les critères examinés. Elle permet de montrer aux rédacteurs des PLU la situation des zones, afin qu'ils puissent, si besoin, réfléchir à une réécriture des règles, une réorganisation du zonage ou une

priorisation du développement d'équipements ou d'aménités. La méthode peut également aider les rédacteurs des PLU à apprécier les phénomènes non anticipés lors de la rédaction du règlement.

L'analyse des résultats des indicateurs et de leur agrégation a permis d'apprécier certains effets du PLU et répondent aux trois hypothèses présentées au chapitre 1 de la troisième partie :

- Hypothèse 1 : les documents d'urbanisme, par leurs règles et leur zonage, ont des impacts sur les formes urbaines, l'organisation spatiale, les équipements et aménités urbaines, et l'environnement (dont l'environnement urbain).

- Hypothèse 2 : S'il existe des règles d'urbanisme, l'action des règles n'est pas 100% déterministe.

- Hypothèse 3 : En choisissant variables et les méthodes d'analyse spatiale adéquates, on peut analyser un certain nombre d'effets règlementaires et donc évaluer l'effet des règlements sur les formes bâties, l'organisation des parcelles et les aménités, dans un cadre d'aide à la décision.

La seconde application multicritère, dans un cadre d'évaluation ex-ante a permis de valider des choix de changement de zonage et de règlement avant l'approbation du PLU, en amenant aussi les rédacteurs des PLU et les chargés d'étude de la collectivité compétents en planification et en aménagement du territoire à discuter autour des résultats obtenus. Cela a favorisé la prise en compte d'enjeux sensibles tels que ceux émanant de décisions politiques. La méthode multicritère, dans ce cas, est un support de décision formel.

Enfin, l'analyse des caractéristiques des permis de construire, mise en relation avec les zones dans lesquels ils ont été délivrés a mis en évidence le fait qu'une même zone pouvait générer des formes bâties différentes. Cependant, il est apparu quand même que les zones permettaient l'accueil, par le biais de leurs règles propres, des formes spécifiques, avec une certaine représentativité.

Deux échelles ont été analysées et des indicateurs intermédiaires, donnant des résultats plus précis, ont été calculés. Face à la complexité des phénomènes analysés, il semble, en effet, nécessaire de coupler les méthodes afin de ne pas généraliser trop rapidement les résultats.

La démarche proposée dans cette thèse pourrait être complétée. Premièrement, tous les objectifs des PLU donnés par l'article L121-1 n'ont pas été abordés. De même, la liste des indicateurs pourrait être élargie, que ce soit pour les aménités urbaines ou encore des enjeux tels que le stationnement, qui relèvent du PLU.

Aussi, si la méthode d'évaluation de l'urbanisme règlementaire proposée répond à certains enjeux du « développement durable urbain », il est apparu que la démarche proposée n'était pas complètement adaptée à une analyse de « l'urbanisme durable », qui nécessite des études basées sur des critères plus poussés, voire sensibles, relevant de la « qualité de vie » par exemple.

Il est possible d'entrevoir des perspectives quant à des développements plus poussés d'une démarche multicritère similaire, notamment dans le cadre de l'élaboration et du suivi d'un futur PLU élaboré à l'échelle intercommunale. On pourrait envisager trois étapes d'analyses :

- une aide à la réalisation d'un diagnostic préalable sur le territoire de l'intercommunalité concernée
- une évaluation ex-ante de certains choix de zonage et de règlement
- une évaluation ex-post après un certain délai afin de réajuster les règles établies lors de l'élaboration.

La première étape de diagnostic pourrait porter sur le degré d'aménité du territoire de l'intercommunalité en établissant une cartographie du degré d'aménités à l'échelle de l'intercommunalité. Grâce aux résultats, on pourrait envisager des densités différenciées en fonction des degrés d'aménités observés. La principale difficulté à anticiper concernerait la définition préalable de critères pertinents à l'échelle de l'intercommunalité ainsi que les pondérations. Deux questions, par exemple, pourraient être explorées en priorité :

- faut-il créer des zones d'influence similaires autour des aménités pour les différentes couronnes autour de la ville centre ?
- est-ce que les « aménités » jugées importantes pour la ville centre le sont aussi en troisième couronne ?

La réalisation de ce diagnostic pourrait être une étape préalable à la définition d'un zonage et d'un règlement. Par la suite, une évaluation ex-ante, telle que nous l'avons réalisée pourrait permettre de valider les résultats. Enfin l'évaluation ex-post faciliterait la connaissance des effets de l'application du plan après quelques années. Au final, ce type de méthodes, appliquées à des temporalités différentes pourraient être des outils d'aide à la décision intéressants pour la planification urbaine et l'urbanisme règlementaire.

Enfin, il est aujourd'hui possible de modéliser en trois dimensions l'effet complexe des règles du PLU sur « l'enveloppe réglementaire constructible », dans un cadre prospectif (Brasebin *et al.*, 2011). L'utilisation de ce type de méthode prospective, associée à des analyses ex-post telles que nous les proposons offrirait une analyse intéressante et poussée des outils de l'urbanisme réglementaire.

L'analyse de certains enjeux environnementaux, tel que l'optimisation énergétique des espaces urbanisés peut aussi être développée. Une utilisation des modèles 3D urbains, couplée à une simulation de l'effet des règles d'urbanisme et à une simulation des apports solaires en ville pourrait faciliter la définition des règles d'urbanisme qui garantissent l'ensoleillement adéquat du bâti, dans les contextes urbains (Prévost *et al.*, 2011; Rodríguez *et al.*, 2011).

Les méthodes et outils développés dans le cadre de cette thèse ont donc rempli les objectifs définis au préalable avec la Mairie de Toulouse. Rappelons cependant que l'utilisation d'outils d'analyse, de données et d'indicateurs doit être couplée à l'utilisation d'autres méthodes, telles que l'analyse de terrain, l'utilisation de l'expérience des praticiens et experts pour être valide. De nombreuses autres pistes restent encore à explorer.

Un nouveau partenariat CIFRE avec Toulouse Métropole devrait permettre de continuer ce travail.

Bibliographie

- Abou Warda-Khazen, M.** (2008). *Efficacité environnementale des documents locaux d'urbanisme. Application aux bruits routiers dans les communes franciliennes et algéroises*. Ecole doctorale Egee. Paris, Université Paris-Est. Institut d'Urbanisme de Paris. Thèse de doctorat pour obtenir le grade de Docteur de l'université Paris XII. 580 p.
- ADEME** (2006). *Réussir un projet d'urbanisme durable. Méthode en 100 fiches pour une Approche Environnementale de l'Urbanisme (AEU)*, ADEME/Le Moniteur. 364 p.
- ADEME et ARENE** (2008). *Construction durable et bonus de COS. Bonifier les droits à construire pour les constructions et rénovations à haute performance énergétique et environnementale. Guide d'application pour les collectivités locales*, ARENE ADEME RDI 82 p.
- Adolphe, L., B. Rousval, J. Beaumont, R. Joumard, M. Maurin et T. Goger** (2006). PROJET PIE Agrégation - L'aide à l'évaluation environnementale des systèmes de transport : Propositions. Rapport final –Tome 2, INRETS, Ecole d'architecture de Toulouse. 123 p.
- Alexander, E.R.** (2006). Evolution and Status : Where is planning-Evaluation Today and How Dit It Get Here ? Dans *Evaluation in planning. Evolution and prospects*, Ashgate Publishing Limited p.3-19 ; 293 p.
- André, P., C. E.Delisle et J.-P. Revéret** (2009). *L'évaluation des impacts sur l'environnement. Processus, acteurs et pratique pour un développement durable*.
- Arnoult, P., Le Lay, Y-F., Dodane, C., Méliani, I.** (2011). "La nature en ville : l'improbable biodiversité." *Géographie, économie, société* 1/2001(Vol. 13). p. 45-68.
- Arrif, T., N. Blanc et P. Clergeau** (2011). "Trame verte urbaine, un rapport Nature – Urbain entre géographie et écologie." *Cybergeo : European Journal of Geography [Online], Environment, Nature, Landscape* document 574, Online since 08 December 2011, connection on 24 May 2013.
- AUAT** (2008a). *L'Aire urbaine de Toulouse, un territoire toujours très attractif*. N° juillet 2008, revue Perspectives Villes. 4 p.
- AUAT** (2008b). *Les signes de la diversité toulousaine*. Perspectives Villes. n°115, novembre 2008. 6 p.
- AUAT** (2009). *Environnement : des progrès à conforter sur l'aire urbaine toulousaine*. Perspectives Villes, AUAT - Observatoire partenarial de l'environnement. mars 2009. 4 p.
- AUDIAR** (2006). Des maisons en lots libres sur petites parcelles-spécificités et enjeux d'une forme d'habitat innovante. *Mixité urbaine*, AUDIAR. 8 p.
- AULAB** (2011). *L'habitat individuel dense. Un urbanisme durable correspondant aux attentes des habitants*. publications de l'Agence d'urbanisme de l'Arrondissement de Béthune. septembre 2011. 8 p.
- Babey, N. et C. Clivaz** (2005). « La définition d'indicateurs du développement durable : d'un problème « technique » à une remise en cause des logiques politico-administratives – le cas de la ville du Locle (Suisse) ». Colloque Développement urbain durable, gestion des ressources et gouvernance. Université de Lausanne, 21-23 septembre 2005. 10 p.

Bachelard, O. (2007). "l'évaluation environnementale des plans locaux d'urbanisme : des besoins en indicateurs simples ?" copyright Techni.cités n°105, 8 mars 2006 (extraits). Dans *La ville durable, perspectives françaises et européennes*. Offner J-M, Pourchez, C La documentation française. N°933 février 2007 pp 94-96.

Barbarino, N. (2005). *De la qualité de vie au diagnostic urbain, vers une nouvelle méthode d'évaluation* Lyon, Université Lumière - Lyon 2. Doctorat en géographie. 688 p. .

Bauer, G. et B. De Lataulade (2000). Vers des lotissements denses, conseil à la décision et à la réalisation en aménagement urbain rural et régional DGUHC - PUCA. 63 p.

Baycan-Levent, T., R. Vreeker et P. Nijkamp (2009). *A multi-Criteria Evalution of Green Spaces in European Cities*. European Urban and Regional Studies. Vol 16, no 2 p.193-213.

Blanc, M., P. Hamman, C. Blanc et F. Henninger (2008). La place du développement durable dans les projets et stratégies urbaines françaises : des discours à la réalité ? - Analyse transversale 4 : développement durable urbain, POPSU. 3ème partie : Instruments, dispositifs et outils : le développement durable urbain par l'expérimentation. 126 p.

Blanc, N. (2009). « Vers un urbanisme écologique ? » Dans *URBIA, Urbanisme végétal et agriurbanisme*. I. d. G.-U. d. L. Observatoire universitaire de la Ville et du Développement durable, Observatoire universitaire de la Ville et du Développement durable, Institut de Géographie-Université de Lausanne. n°8 pp. 39-61.

Blanchet, C. et A. November (1998). Les indicateurs du développement durable appliqués à l'aménagement du territoire. Genève (Canton), Conseil économique et social, Université de Genève. Institut universitaire d'études du développement, Université de Genève. Centre universitaire d'écologie humaine et des sciences de l'environnement

Bombenger, P.-H. (2011). *L'urbanisme en campagne. Pratiques de planification des sols et d'aide à la décision dans les communes rurales françaises*. Aménagement de l'espace/urbanisme. Tours, Université François-Rabelais de Tours et Université du Québec à Montréal. Pour l'obtention du grade de docteur de l'Université François-Rabelais. 565 p.

Booyesen, F. (2002). "An overview and evaluation of composite indices of development." *Social Indicators Research, Kluwer Academic Publishers* 59. pp. 115-151.

Bourdin, A. (2008). Un sociologue au pays des aménageurs ; s'organiser pour se comprendre. Dans *Les annales de la recherche urbaine. L'expertise au miroir de la recherche*. PUCA. n° 104 p.157-165 ; 192 p.

Boutaud, A. (2006a). Développement durable (DD) et aménagement du territoire : le cas des villes. Dans *Aide à la décision pour l'aménagement du territoire : méthodes et outils*. D. Graillot et J.-P. Waub. Paris, Hermès-Lavoisier pp. 59-85, 437 p.

Boutaud, A. (2006b). *Le développement durable : penser le changement ou changer le pansement ? Bilan et analyse des outils d'évaluation des politiques publiques locales en matière de développement durable en France. De l'émergence d'un changement dans les modes de faire au défi d'un changement dans les modes de penser.*, Ecole Nationale Supérieure des Mines de St-Etienne. Thèse de doctorat. 414 p.

Boutefeu, E. (2009). La demande sociale de nature en ville – Enquête auprès des habitants de l'agglomération lyonnaise. Dans *Urbia, les Cahiers du développement urbain durable, Urbanisme végétal et agriurbanisme, n°8*, Observatoire universitaire de la Ville et du Développement durable, Institut de Géographie-Université de Lausanne p. 21-39.

Brans, J.-P., B. Mareschal et P. Vincke (1984). "PROMETHEE : A new family of outranking methods in MCDM." *IFORS84, North Holland*. pp. 477-490.

Brasebin, M., J. Perret et C. Haëck (2011). "Un système d'information géographique 3D pour l'exploration des règles d'urbanisme. Application à la constructibilité des bâtiments." *Revue Internationale de Géomatique. Analyse spatiale 2D et 3D. De l'écologie des paysages à la modélisation de processus urbains 21-N°4/2011* 21(4). pp.533-556.

Brito, A.-J., A.-T. Almeida et C.-M.-M. Mota (2010). "A multicriteria model for risk sorting of natural gas pipelines based on ELECTRE TRI integrating utility theory " *European Journal of Operational Research* 200 p. 812-821.

Burkart, M. (1999). "« Transformations urbaines : l'influence des politiques municipales d'aménagement. L'exemple de Boulogne-Billancourt et d'Issy-les-Moulineaux »." *Cybergeo : European Journal of Geography, Regional and Urban Planning, Article 112, put online on 27 octobre 1999, modified on 27 avril 2007. URL : <http://cybergeo.revues.org/4970>. Consulted on 06 juin 2011.*

Cadiou, S. (2008). Projet urbain, débats intellectuels et engagements savants. Le cas de l'agglomération bordelaise. Dans *Les annales de la recherche urbaine. L'expertise au miroir de la recherche*. PUCA. n° 104 P. 58-68 ; 192 p.

Caetano-Viellard, M. (2011). "Bimby ou l'intensification pavillonnaire." *Traits Urbains* novembre 2011.

Castel, J.-C. (2010) La densité urbaine : savoirs et débats. *Outils et méthodes pour l'observation urbaine CERTU* CERTU 6 p.; <http://www.observation-urbaine.certu.equipement.gouv.fr>.

Castel, J.-C. et A. Bouteille (2011a). *L'impact de la densité sur les coûts de construction*. Techni.Cités. N° 204. 2 p.

Castel, J.-C. et L. Jardinier (2011b). "La densité au pluriel. Un apport à la recherche sur les coûts d'urbanisation." *Etudes foncières* n° 152, juillet-août 2011. p.13-17.

Cauvin, C., F. Escobar et S. A (2008). *Cartographie thématique 3 - Méthodes quantitatives et transformations attributaires. Traité IGAT* Hermes Lavoisier. 284 p.

Cavailhès, J. (2003). "La ville périurbaine." *Revue économique*, 2003/1 Vol. 54. p. 5-23.

CERTU (2010). L'essentiel de la densité urbaine. *Promouvoir une ville durable*. 6 p.

CERTU (2012). Plan local d'urbanisme intercommunal tenant lieu de PDH et PDU. *Collection essentiels*. CERTU, CERTU, AdCF. n°1.

Champres, J. (2008). *Suivi des documents d'urbanisme*, Journées PLU 9, 10 décembre 2008, CERTU 20 p. URL : <http://www.certu.fr/fr/Urbanisme-et-habitat-n24/Planification-strategique-et-urbaine-n38/IMG/pdf/Suivi-Batteries-Indicateurs-CERTU.pdf>.

Charmes, E. (2010). "Effet de mode ou solution durable? La densification en débat. Dossier." *Etudes foncières* N°145 mai-juin 2010. 20 p.

Charmes, E. (2011). *La ville émiettée Essai sur la clubbisation de la vie urbaine*, PUF. 288 p.

Charre, J., P. Dumolard et M. Le Berre (1997). Chapitre 5 - Techniques d'analyse des données multivariées. Dans *Initiation aux pratiques statistiques en géographie (4ème édition)*. g. C. A. Colin/Masson. Paris 203 p.

Cherqui, F. (2005). *Méthodologie d'évaluation d'un projet d'aménagement durable d'un quartier. Méthode ADEQUA*. Génie civil. La Rochelle, Université de La Rochelle. Thèse de doctorat pour le titre de Docteur de l'Université de La Rochelle. 202 p.

Choay, F. (1965). *L'urbanisme, utopies et réalités : une anthologie*, Le seuil. 447 p.

Colson, G. et K.-E. Makunza (1998). "Evaluation multicritère de firmes avec données imprécises." *FINECO* Vol 8, N°1. 22 p.

Commissariat Général au développement durable (2010). *Stratégie nationale de développement durable 2010-2013 : vers une économie verte et équitable*. Commissariat général au développement durable 56 p. <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Strategie-nationale-de,17803.html>.

Commission Européenne (2002). *Communication from the commission on impact assessment*. . Brussels, Commission of the European Communities COM(2002) 276 final. 19 p.

Commune de Bligny Les Beaune (2013). *Plan Local d'Urbanisme de Bligny Les Beaune, approuvé le 9 avril 2013*.

Commune de Bras (2013). *Plan Local d'Urbanisme de Bras approuvé le 14 mars 2013*.

Commune de Montreuil (2012). *Plan Local d'Urbanisme de Montreuil - approuvé le 13 septembre 2012*.

Commune de Peynier (2013). *Plan Local d'Urbanisme de Peynier approuvé le 29 janvier 2013*.

Commune de Saint Paul de Vence (2013). *Plan Local d'Urbanisme de Saint-Paul de Vence approuvé le 25 mars 2013*.

Commune de Saint Zacharie (2012). *Plan Local d'Urbanisme de Saint Zacharie approuvé le 12 novembre 2012*.

Commune de Sené (2011). *Plan Local d'Urbanisme de Sené approuvé le 23 février 2011*.

Conrad, C. (2011). *Revisiter les règles d'urbanisme pour lutter contre l'étalement urbain*. Le Moniteur des Travaux publics et du Bâtiment. No 5594. p. 31.

Conseil d'Etat (1992). *L'urbanisme pour un droit plus efficace*, Conseil d'Etat, Commission Labetoulle. La Documentation Française, Mai 1992. 203 p.

Cormier, L., A.B.D. Lajartre et N. Carcaud (2010) *La planification des trames vertes, du global au local : réalités et limites*. *Cybergeog : European Journal of Geography* cybergeog; <http://cybergeog.revues.org/index23187.html>.

Coulaud, D. (2010). *L'automoville - Ville, automobile et mode de vie*, L'Harmattan. 371 p.

CRIDEAU, CIDCE et GRIDAUH (2002). *L'Evaluation des incidences de certains plans et programmes sur l'environnement (Directive 2001/42 du 27 juin 2001) - Journée d'étude du 24 janvier 2002*, Université de Limoges. Faculté de droit et des sciences économiques 136 p.

CU Nice Côte d'Azur (2010). *Plan Local d'Urbanisme de Nice approuvé le 23 décembre 2010*.

CU Nice Côte d'Azur (2011). *Plan Local d'Urbanisme de La Trinité approuvé le 19 décembre 2011*.

CU Toulouse Metropole (2011). *Plan Local d'Urbanisme de Toulouse - Projet de PLU arrêté en mars 2011.*

CUGT (2011). *Toulouse Métropole en chiffres 2011.* Toulouse, Communauté Urbaine du Grand Toulouse, Mairie de Toulouse.

CUGT (2012). *Programme Local de l'habitat 2010-2015 3-Programme d'actions territorialisé.* Communauté Urbaine du Grand Toulouse.

Da Cunha, A. (2009). Introduction : urbanisme végétal et agriurbanisme. La ville entre artifice et nature. Dans *Urbia. Les cahiers du développement urbain durable. Urbanisme végétal et agriurbanisme* Lausanne, Urbia. Lausanne, Institut de Géographie-Université de Lausanne. n°8, juin 2009 p.1-21 ; 150 p.

Da Cunha, A. et C. Kaiser (2009a). Densité, centralité et qualité urbaine: trois dimensions de l'intensité? Aménager pour qualifier la ville et moduler les registres de l'intensité urbaine. *Rencontre transfrontalière Lausanne, Lausanne, - [diaporama de présentation] - Urbanistes des territoires.* URL : www.urbanistesdesterritoires.com/pdf/contributions/echanges/DaCunhaKaiser_030709a_compr.pdf

Da Cunha, A. et C. Kaiser (2009b). Densité, centralité, et qualité urbaine : la notion d'intensité, outil pour une gestion adaptative des formes urbaines ? Dans *Urbia. Les cahiers du développement urbain durable. Intensités urbaines.* Urbia. Lausanne, Institut de Géographie-Université de Lausanne. n° 9 p. 13-55 ; 154 p.

Dai, F.-C., C.-F. Lee et X.-H. Zhang (2001). "GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning : a case study." *Engineering Geology* 61. p. 257-271.

De Jarcy, X. et V. Rémy (2010). "Comment la France est devenue moche." *Télérama* n°3135 Halte à la France moche !

Dehan, P. (2011). *Entretien sur l'évolution des politiques publiques en urbanisme.* Compiègne, Architecte, Urbaniste. Enseignant chercheur UTC - AVENUES.

Desgrandchamps, G., M. Ferrand, B.L. Roy, M.L. Roy et J.-M. Léger (2010). Lotir les lotissements. Conditions architecturales, urbanistiques et sociologiques de la densification douce de l'habitat individuel. *Habitat pluriel : densité, urbanité, intimité.* Paris, PUCA. n° 199. p. 117-138.

DGUHC (2007). État d'avancement des SCOT au 1er janvier 2007, Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables, DGUHC

Dind, J.-P. (2009) La qualité urbaine : quelle grille de lecture? Quels principes de conception? *Les Urbanités* Laboratoire du droit à la ville; Janvier 2010 <http://urbanités.rsr.ch/laboratoire-du-droit-a-la-ville/la-qualite-urbaine-quelle-grille-de-lecture-quels-principes-de-conception/>.

Djefal, S. et S. Eugene (2004). "Etre propriétaire de sa maison, un rêve largement partagé, quelques risques ressentis." *revue Consommation et modes de vie, CREDOC* N°177. 4 p.

Douay, N. (2009) « L'émergence des politiques métropolitaines marseillaises : entre conflits et apprentissages ». *Cybergeo : European Journal of Geography [En ligne]* Aménagement, Urbanisme, article 459; mis en ligne le 25 mai 2009, consulté le 03 décembre 2012. URL : <http://cybergeo.revues.org/22347> ; DOI : 10.4000/cybergeo.22347.

Doumpos, M., Y. Marinakis, M. Marinaki et C. Zopounidis (2009). "An evolutionary approach to construction of outranking models for multicriteria classification : The case of ELECTRE TRI method." *European Journal of Operational Research* 199. p. 496-505.

Driard, J.-H. (a). "Histoire de l'urbanisme français. La période d'émergence : des origines à 1943 - Dans Le coin de l'urbanisme (site internet)." 2009, from www.coin-urbanisme.org/urbanisme/emergence.html#top.

Driard, J.-H. (b). "Histoire du droit de l'urbanisme français. Le droit de l'urbanisme de la décentralisation (1983-2000) Dans Le coin de l'urbanisme (site internet)." 2010, from www.coin-urbanisme.org/urbanisme/decentr.html.

Dubois-Maury, J. (2010). *Documents d'urbanisme et développement durable*, Editions du Puits Fleuri. 414 p.

Duhayon, J.-J., A. Pages et F. Prochasson (2002). La densité - Concept, exemples et mesures. CERTU, CETE de l'Ouest, CERTU. 88 p.

Dumolard, P. (2005). Analyse multivariée de données géographiques. Ressource pédagogique. www.infotheque.info/cache/8725/iga.ujf-grenoble.fr/bk_multiv.pdf.

Dumolard, P. (2011). *Données géographiques - Analyse statistique multivariée*. Paris, Hermès Lavoisier. 208 p.

Dumolard, P., N. Dubus et L. Charleux (2003). *Les statistiques en géographie*, BELIN. 239 p.

Favet, N. et F. Faucheux *Nouvelles formes d'habitat intermédiaire alliant les qualités de l'habitat individuel et les densités du collectif. Le projet de la villa urbaine durable de Châlon-sur-Saône*. programme VUD. PUCA.

Fédération Nationale des Scot (2012). Annuaire des SCOT 2012/2013 - Etat au 1er janvier 2012. www.fedescot.org.

Figueira, J.G., S. Greco et M. Ehrgott (Editors) (2005). *Multiple criteria decision analysis - State of the Art - Surveys*, Springer's International Series. 1045 p.

Figueira, J.R., J. Almeida-Dias, S. Matias, B. Roy et Carval (2011). "ELECTRE TRI-C " *International journal of medical informatics* 90 p. 262-273.

Flamand, M. (2005). *L'Evaluation Environnementale des documents d'urbanisme*. Droit de l'Environnement, Université Paris sud XI Mémoire de Master 2 - Droit de l'Environnement 46 p.

Floch, J.-M. et B. Morel (2011). Panorama des villes moyennes Document de travail, INSEE Direction de la Diffusion et de l'Action régionale H2011/01. 33 p.

FNAU (mars 2013). "Projet de loi Urbanisme et Logement." *Traits d'agences printemps 2013* les avis de la FNAU N°4

Fortun, R. (2006). La densification de la ville centre par le plan local d'urbanisme à l'épreuve des documents de planification : Nantes, Université Paris XII. Institut d'urbanisme de Paris. Mémoire pour l'obtention du Master Maîtrise d'Ouvrage des Projets Urbains (MOPU), dirigé par J. Dubois-Maury. 105 p.

Fouchier, V. (1997). *Les densités urbaines et le développement durable : le cas de l'Ile-De-France et des villes nouvelles*. Paris, Secrétariat général des villes nouvelles. 212 p.

Fouchier, V. (2010). "L'intensification urbaine - Entretien avec Vincent Fouchier." *Etudes foncières-dossier La densification en débat - Effet de mode ou solution durable ?* N°145 mai-juin 2010. p.37-38.

Füzesséry, S. et N. Roseau (2010). « Faut-il lutter contre l'étalement urbain ? Entretien avec Eric Charmes ». La Vie des idées, 29 juin 2010. ISSN : 2105-3030. URL : <http://www.laviedesidees.fr/Faut-il-lutter-contre-l-etatement.html>.

Gauthier, M., M. Gariepy et M.-O. Trepanier (2008). *Renouveler l'aménagement et l'urbanisme : Planification territoriale, débat public et développement durable*. Montréal, Les Presses de l'Université de Montréal. 350 p.

Gérard, P. (2007). *Pratique du droit de l'urbanisme. Urbanisme réglementaire, individuel et opérationnel*, Eyrolles. 295 p.

Gerbeau, D. (2011) Le PLU en crise de croissance ? *La Gazette des communes* www.lagazettedescommunes.com/60712/le-plu-en-crise-de-croissance/.

Godfrin, G. (2011). La règle locale d'urbanisme en question - Pré-rapport, GRIDAUH. 17 p.

Goze, M. (2007). "« Schéma de cohérence territoriale », site internet Les outils de l'aménagement, ." 2009, from http://www.outil2amenagement.certu.developpementdurable.gouv.fr/rubrique.php3?id_rubrique=41.

Gressus, M. (2011). *PLU annulé : quelles conséquences ?* Bouguenais les infos. Bouguenais. n°171 - Avril 2011.

Grosjean, B.L., F. ; Grillet Aubert, A. ; Chabart, P (2008). Analyse transversale : Formes Urbaines et Organisation de leur croissance. Rapport final Octobre 2008. Densités-Découpages-Déplacements, GIP EPAU, Plate-forme d'Observation des Projets et Stratégies Urbaines, PUCA, Ministère du logement et de la ville, Institut Parisien de Recherche, Architecture, Urbanistique, Société, Laboratoire de l'Ecole d'Architecture de Paris-Belleville et de l'Université Paris X-Nanterre, Département de l'UMR n° 7136 du CNRS 168 p. <http://www.gip-epau.archi.fr/POPSU/valorisation/>.

Gueymard, S. (2006) « Facteurs environnementaux de proximité et choix résidentiels ». *Développement durable et territoires [En ligne], Dossier 7 | 2006, mis en ligne le 04 mai 2006, consulté le 15 mai 2013* DOI : 10.4000/developpementdurable.2716; <http://developpementdurable.revues.org/2716>

Haidar, H. (2006). *Réhabilitation des réseaux d'eau potable : méthodologie d'analyse multicritère des patrimoines et des programmes de réhabilitation - Thèse de doctorat*. Spécialité Génie civil urbain. Lyon, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. Pour l'obtention du grade de docteur. 232 p.

Harger, J.R.E. et F.M. Meyer (1996). "Definition of indicators for environmentally sustainable development." *Chemosphere* 33(9). pp. 1749-1775.

Helluin, J.-J. (2006). "Les effets de la règle des 15 km sur la maîtrise de l'étalement urbain " *Etudes foncières* n°120. pp. 27-31.

Hinloopen, E., P. Nijkamp et P. Rietveld (1983). "Qualitative discrete multiple criteria choice models in regional planning." *Regional Science and Urban Economics* 13. p.77-102.

Inserguet, J.-F. (2012) Fiche 5 - Le contenu du règlement du PLU : jusqu'où est-il possible d'aller ? (les limites de l'habilitation législative). *Séminaire écriture des PLU* L'écriture du règlement - Problèmes généraux, Gridauh 9 p.; <http://www.gridauh.fr/comptes-rendus-de-travaux/ecriture-des-plu/>.

Inserguet, J.-f. et P. Planchet (2011). Le droit du PLU durable GRIDAUH. 89 p.

Jacquot, H. (2012a) Fiche 1 - Origine et place des OAP dans le PLU. *Séminaire écriture des PLU* Ecriture des orientations d'aménagement et de programmation (OAP), Gridauh 8 p.; www.gridauh.fr/comptes-rendus-de-travaux/ecriture-des-plu/.

Jacquot, H. (2012b) Fiche 2 - Objets, formes et portée juridique des OAP aménagement. *Séminaire écriture des PLU* Ecriture des orientations d'aménagement et de programmation (OAP), GRIDAUH 8 p.; www.gridauh.fr/comptes-rendus-de-travaux/ecriture-des-plu/.

Jankowski, P. et L. Richard (1994). "Integration of GIS-based suitability analysis and multicriteria evaluation in a spatial decision support system for site selection." *Environment and Planning B* n°21. pp. 323-340.

Jegou, A., C. About de Chastenet, V. Augiseau, C. Guyot, C. Judéaux, M. F-X et P. Pech (2012) "L'évaluation par indicateurs : un outil nécessaire d'aménagement urbain durable?" *Cybergeo : European Journal of Geography* Aménagement, Urbanisme, article 625, DOI: 10.4000/cybergeo.25600 mise en ligne le 04 décembre 2012 consulté le 6 décembre 2012 <http://cybergeo.revues.org/25600>.

Jégouzo, Y. (2009a) Fiche introductive. *Séminaire écriture des PLU* L'Evaluation environnementale des plans locaux d'urbanisme, 2 p.; www.gridauh.fr/comptes-rendus-de-travaux/ecriture-des-plu/.

Jégouzo, Y. (2009b) Fiche 1 - L'étude d'environnement de droit commun. *Séminaire écriture des PLU* L'Evaluation environnementale des plans locaux d'urbanisme, Gridauh 9 p.; www.gridauh.fr/comptes-rendus-de-travaux/ecriture-des-plu/.

Joerin, F. et A. Musy (2000). "Land management with GIS and multicriteria analysis." *International Transactions in Operational Research* 7. pp. 67-78.

Joerin, F., M. Thériault et M. Musy (2001). "Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment." *International journal of Geographical Information Science* 15:2. pp.153-174.

Jourdan, G. (2007). "Débat public sur le projet de grand contournement autoroutier de Toulouse – contribution de Gabriel Jourdan, maître de conférences en urbanisme, université Pierre Mendès France Institut d'urbanisme de Grenoble." *Autoroutes et évolutions territoriales dans l'aire toulousaine, BLAGNAC : France (2007)*. 37 p.

Jourdan, G. (2011). « Le système de planification français aux défis de la cohérence territoriale ». Dans *dans Zepf Marcus, Andrès Lauren (dir), Les enjeux de la planification territoriale en Europe, 310 p.* Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes p. 163-185.

Kain, J.-H. et H. Söderberg (2008). "Management of complex knowledge in planning for sustainable development : the use of multi-criteria decision aids." *Environmental Impact Assessment Review* N°28. p.7-21.

Lassus, P. (2002). *Harmonie et règle urbaine*. Paris, Anthropos. 369 p.

Lazzeri, Y. (2006). *Les indicateurs territoriaux de développement durable. Questionnements et expériences* L'Harmattan. 323 p. .

Lazzeri, Y. et B. Planque (2006). Elaboration d'indicateurs pour un système de suivi-évaluation du développement durable. *Programme de recherche politiques territoriales et développement durable* PUCA. Tome 1 - Principes et méthodologie de construction du référentiel. 82 p.

Le Floch, S., J. Candau et P. Deufic (2002). "Aménités : qualité des relations sociales, qualités d'un lieu." *Ingénieries* N° special 2002 - Aménités. p.25-33.

Le Foll, B. et D. Miet (2009-2012). "Projet de recherche BIMBY." 2012, from bimby.fr.

Léger, J.-M. (2010). "Densification des lotissements. Les pavillonnaires font de la résistance." *Etudes foncières-dossier La densification en débat - Effet de mode ou solution durable ?* N°145 mai-juin 2010. p.33-35.

Lerond, M., C. Larrue, P. Michel, B. Roudier et C. Sanson (2003). *L'évaluation environnementale des politiques, plans et programmes. Objectifs, méthodologies et cas pratiques*. Paris, TEC & DOC. 309 p.

Lichfield, N. (1997). Integrating environmental assessment with development planning. Dans *Evaluating Theory-Practice and Urban-Rural Interplay in Planning*. D. Borri, A. Khakee et C. Lacirignola, The GeoJournal library - Kluwer Academic Publishers. vol 37 p. 35-44.

Liénard, S. et P. Clergeau, Cybergeogeo (2011) Trame Verte et Bleue : Utilisation des cartes d'occupation du sol pour une première approche qualitative de la biodiversité. *European Journal of Geography [Online], Environment, Nature, Landscape, document 519, Online since 01 March 2011, connection on 24 May 2013*. DOI: DOI10.4000/cybergeogeo.23494; <http://cybergeogeo.revues.org/23494>

Maizia, M. (2010). "Densité énergétique versus densité urbaine." *Etudes foncières - dossier La densification en débat - Effet de mode ou solution durable ?* N°145 mai-juin 2010. p. 37-38.

Mangin, D. (2004). *La ville franchisée : Formes et structures de la ville contemporaine*, Éditions de la Villette. 480 p.

Marseille, F. (2012). "GES PLU : un outil pour minimiser les émissions de GES dans les PLU." Retrieved janvier 2012, 2012, from [http://www.certu.fr/fr/Ville_et_environnement-n29/Air-n142/GES PLU : un outil pour minimiser les emissions de GES dans les PLU-a2417-s article theme.html](http://www.certu.fr/fr/Ville_et_environnement-n29/Air-n142/GES_PLU:_un_outil_pour_minimiser_les_emiissions_de_GES_dans_les_PLU-a2417-s_article_theme.html).

Martouzet, D. (2002). *Normes et valeurs en aménagement-urbanisme— Limites de la rationalité et nécessité de prise en compte du multi-niveaux*, Université Michel de Montaigne Bordeaux 3. rapport de synthèse en vue d'habilitation à diriger les recherches. 515 p.

Mathieu, N. et Y. Guermond (Dir) (2005). *La ville durable, du politique au scientifique*, CEMAGREF, CIRAD, IFREMER, INRA. 285 p.

Mauvière, E. (2012). Mieux faire parler vos données statistiques sur une carte : méthodes et conseils pratiques. Géoclip. *Les rencontres de SIG-la-Lettre*, 3,4,5 Avril 2012 ENSG. 13 p.

Maystre, L.-Y., J. Pictet et J. Simos (1994). *Méthodes multicritères ELECTRE, description, conseils pratiques et cas d'application à la gestion environnementale*. Lausanne. 323 p.

MEDDE (2011). « Document de travail pour les kiosques et les ateliers Séminaire du 26 mai 2011 » ; Pour un urbanisme de projet - BLOC 4 : Une nouvelle génération de PLU au service des projets et la relance des opérations d'aménagement, Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. 23 p. http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/Fascicule_bloc_4_cle11b6f1.pdf.

Meijburg, E. (2005). Towards an Intergrated District Oriented Policy : A Policy for Urban Planning and the Environment in Amsterdam. Dans *Urban Environmental Planning. Policies, Instruments and Methods in an International Perspective*. D. Miller et G. De Roo, Ashgate Publishing Limited p. 95 -107.

Merle, P. et G. Lemaire (2011). *La Planification et l'aménagement durables*. Planification et l'aménagement durables (PAD)
DREAL Franche-Comté. n°2 février 2011.

Merlin, P. (2007). "Paris, les tours en question." *revue Urbanisme* N°354 mai-juin 2007.

Merlin, P. (2013). *L'urbanisme, 10^è édition*, Que sais-je, PUF. 128 p.

Mignot, D., A. Aguilera et D. Bloy (2004). Permanence des formes de la métropolisation et de l'étalement urbain, synthèse, ADEME, INRETS, Laboratoire d'Economie des Transports,. 114 p.

Moati, P., J. Libouton et L. Pouquet (2004). L'évolution de la géographie du commerce en France : une approche par les statistiques d'emploi. *Cahier de recherche, CREDOC*. N° 207. 57 p.

Molines, N. (2003). *Methodes et outils pour la planification des grandes infrastructures linéaires et leur évaluation environnementale*. géographie. Saint-Etienne, Faculté de Sciences Humaines et Sociales, Université de Saint-Etienne. Grade de Docteur en géographie de l'Université de Saint-Etienne. 449 p.

Molines, N. et J.-J. Chevallier (2001). Système d'information géographique et analyse multicritère : une association novatrice au service du processus d'évaluation des grandes infrastructures linéaires Dans *AMCDA - Aide Multicritère à la décision (Multiple Criteria Decision Aiding)* ; Alberto Colorni, M. Paruccini et Bernard Roy. Joint Research Center, EUR Report, Commission Européenne 19 p.

Monédiaire, G. et D. Moreno (2012a) Fiche 1 - Problématique générale : la régulation de l'implantation des commerces : législation spéciale et/ou intégration dans le droit de l'urbanisme ? *Séminaire écriture des PLU* PLU et commerce Gridauh 4 p.; <http://www.gridauh.fr/comptes-rendus-de-travaux/ecriture-des-plu/>.

Monédiaire, G. et D. Moreno (2012b) Fiche 4 - La question du maintien et de la diversité du commerce de proximité : la protection des linéaires commerciaux. *Séminaire écriture des PLU* PLU et commerce, Gridauh 9 p.; <http://www.gridauh.fr/comptes-rendus-de-travaux/ecriture-des-plu/>.

Mori, K. et A. Christodoulou (2012). "Review of sustainability indices and indicators : Towards a new City Sustainability Index (CSI)." *Environmental Impact Assessment Review* 32 (2012) pp. 94-106.

Morlet, O. (2001). *Coûts-avantages des basses densités résidentielles : état des lieux*. Paris, ADEF. 93 p.

Mousseau, V., B. Roy et I. Sommerlatt (1999). Elaboration d'un outils d'aide à la décision en vue de l'évolution de la tarification des transports publics en Ile-de-France, LAMSADE. N°112.

Mousseau, V., R. Slowinski et P. Zielniewicz (2000). "A user-oriented implementation of the ELECTRE-TRI method integrating preference elicitation support." *Computers & Operation Research* N° 27. p. 757-777.

Munda, G., P. Nijkamp et P. Rietveld (1994). "Qualitative multicriteria evaluation for environmental management." *Ecological Economics* 10. p.97-112.

Ness, B., U.-P. Evelin, A. Stefan et O. Lennart (2007). "Categorising tools for sustainability assessment." *Ecological Economics* 60 (2007). pp.498-508.

Nessi, H. (2009). *Incidence du cadre de vie sur la mobilité de loisir*. Les 3èmes controverses d'action publique - Sustainability, so what ? Retour critique sur les promesses du développement urbain durable. Lausanne.

Nessi, H. (2010). "Formes urbaines et consommation d'énergie dans les transports." *Etudes foncières - dossier La densification en débat - Effet de mode ou solution durable ?* N°145 mai-juin 2010. p. 30-33.

Newman, P.-W.-G. et J.-R. Kenworthy (1989a). "Cities and automobile dependence: an international sourcebook." *Brookfield, Gower Technicals*.

Newman, P.-W.-G. et J.-R. Kenworthy (1989b). "« Gasoline consumption and cities: a comparison of U.S. cities with a global survey»." *Journal of the American Planning Association* 55(1). pp. 24-37.

Nijkamp, P. et E. Beinart (1998). *Multicriteria Analysis for Land-Use Management*, Kluwer Academic Publishers. 379 p.

Norese, M.-F. (2002). "A multi-profile sorting procedure in the public administration." *European Journal of Operational Research* Vol.138(Issue 2). pp. 365-379.

Norese, M.-F. (2006). "ELECTRE III as a support for participatory decision-making on the localisation of waste-treatment plants." *Land Use Policy* Vol.23(Issue 1, january 2006). pp.76-85.

OCDE (1993). Corps central d'indicateurs de l'OCDE pour les axamens des performances environnementales. Rapport de synthèse du Groupe sur l'Etat de l'Environnement. Paris, OCDE. Monographies sur l'environnement N°83.

OCDE (2006). L'évaluation environnementale stratégique. guide de bonnes pratiques dans le domaine de la coopération pour le développement. *Lignes directrices et ouvrages de référence du CAD*. OCDE. Paris. 178 p.

ORSE (2003). Analyse comparative d'indicateurs de développement durable, Observatoire des Stratégies Industrielles, direction générale de l'industrie, des technologie de l'information et des postes, Ministère de l'économie, des Finances et de l'Industrie. 110 p.

Paillard, B. (2008). Plozévet, la première recherche coopérative sur programme ; à l'aube de la recherche incitative. Dans *Les annales de la recherche urbaine. L'expertise au miroir de la recherche*. PUCA. n° 104 p. 138-149.

Paquot, T. (2010) Idées en débat / Invité(s) - Michel Carmona. *Revue Urbanisme* mai juin 2010 n°372; <http://www.urbanisme.fr/issue/guest.php?code=372>.

Pearce, J. (2005). (Integrated) Environmental Zoning : A Comparative Study of 12 Countries Dans *Urban Environmental Planning. Policies, Instruments and Methods in an International Perspective*. D. Miller et G. De Roo, Ashgate Publishing Limited 191-202p.

Pérignon, S. (2008) L'écriture de l'article 14 du règlement des PLU. Fiche 3 La fixation du COS. *Séminaire écriture des PLU, GRIDAUH* 7 p.; <http://www.gridauh.fr/comptes-rendus-de-travaux/ecriture-des-plu/>.

Pérignon, S. (2012a) Fiche 1 - La superficie minimale des terrains constructibles : une règle controversée. *Séminaire écriture des PLU* Ecriture des règlements de zone : article 5 Gridauh 2 p.; www.gridauh.fr/comptes-rendus-de-travaux/ecriture-des-plu/.

Pérignon, S. (2012b) Fiche 1 - Du POS au PLU : La remise en cause du COS. *Séminaire écriture des PLU* L'écriture de l'article 14 du règlement des PLU (coefficient d'occupation du sol), Gridauh 8 p.; www.gridauh.fr/comptes-rendus-de-travaux/ecriture-des-plu/.

Pettit, C. et D. Pullar (1999). "An integrated planning tool based upon multiple criteria evaluation of spatial information." *computers, Environment and Urban Systems* N°23. p. 339-357.

Pittard, Y. (2012) Fiche 2 - L'encadrement normatif du contenu de l'article 12. *Séminaire écriture des PLU* L'écriture de l'article 12 du règlement des PLU, Gridauh 5 p.; <http://www.gridauh.fr/comptes-rendus-de-travaux/ecriture-des-plu/>.

Planchet, P. (2012) Fiche 1- Les liens entre le PSMV et le PLU. *Ecriture des PLU* L'écriture du plan de sauvegarde et de mise en valeur, Gridauh 9p.; www.gridauh.fr/comptes-rendus-de-travaux/ecriture-des-plu/.

Poirot, P. et J.-P. Bret (2011). Bilan de synthèse « pour un urbanisme de projet » Groupe de travail « Documents d'urbanisme de nouvelle génération et modernisation de l'application du droit des sols » - Version soumise au COPL du 27 avril 2011. 12 p. http://www.developpementdurable.gouv.fr/IMG/UP_Bilan_Synthese_GT_planification_cle5d1133.pdf.

Polizzi, F. (2011). Le régime des travaux sur construction existante en droit de l'urbanisme. *Actualité du droit de l'urbanisme*, Gridauh. 17 p.

Pouyanne, G. (2004). "Des avantages comparatifs de la ville compacte à l'interaction forme urbaine-mobilité. Méthodologie et premiers résultats." *les Cahiers Scientifiques du Transport* N°45/2004. pages 49-82.

Prévost, A., N. Molines et I. Caudron (2009). « Analyse de l'effet des documents d'urbanisme sur le territoire - Évaluation environnementale du PLU de Toulouse ». *Conference Spatial Analysis and GEomatics, SAGEO*, Paris 25, 26, 27 novembre 2009. 4 p.

Prévost, A., D. Rodríguez, N. Molines et B. Beckers (2011). "La modélisation 3D : une nouvelle voie pour les documents d'urbanisme ? Application à l'optimisation énergétique des bâtiments." *Revue Internationale de Géomatique. Analyse spatiale 2D et 3D. De l'écologie des paysages à la modélisation de processus urbains* 21-N°4/2011 p. 557-583.

Prévôt, M. et C. Simard (2008). L'expertise des agences d'urbanisme au miroir de la recherche. Quelques initiatives de recherche et de réflexion récentes. Dans *Les annales de la recherche urbaine. L'expertise au miroir de la recherche*. PUCA. n° 104 p. 84-95.

Priet, F. (1992) 6. La décentralisation de l'urbanisme - Bilan et perspectives. *Annuaire des collectivités locales* Tome 12, p. 87-107 DOI: doi :10.3406/coloc.1992.1113 http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/coloc_02914700_1992_num_12_1_1113.

Prudente, D. (2007). Densité, urbanité, durabilité. Consolidation et construction d'une forme urbaine compacte en marge des centralités. Dans *URBIA, Eco-quartiers et urbanisme durable*. I. d. G.-U. d. L. Observatoire universitaire de la Ville et du Développement durable, Observatoire universitaire de la Ville et du Développement durable, Institut de Géographie-Université de Lausanne. n°4.

Rabie, J. (2011). "Rétrécir l'urbain ?...". revue Urbanisme. N° 379.

Raffaud, F. (2003). *L'urbain, l'environnement et le développement durable en France Essai d'analyse - Revue Urbanisme 1964-2000*. Ecole Doctorale des Sciences Humaines et Sociales. Pau, Université de Pau et des Pays de l'Adour - UFR de Lettres et Sciences Humaines. Thèse pour l'obtention du grade de Docteur en Géographie et Aménagement. 410 p.

Ralijaona, H., E. Rasolomanana, H. Rakoto et J. Rosolomamonjy (2010). "Contribution de la méthode Electre Tri à la hiérarchisation des gisements de carrières de roches massives entre Port-Bergé et Django." *Madamines* Vol 1. pp. 15-29.

Raymond, H., N. Haumont, M.-G. Dezès et A. Haumont (2001). *L'habitat pavillonnaire*, 4ème édition - L'Harmattan. 114 p.

Remy, A. (2005). *Par-delà le bien et le mal : l'évaluation de la ville compacte*. contribution au colloque Développement urbain durable, gestion des ressources et gouvernance. Université de Lausanne 21-23 Septembre 2005, UNIL. 14 p.

Rémy, A. (2010). Formes urbaines et développement urbain durable. Dans *Urbia. Les cahiers du développement urbain durable. Centralités, urbanisme durable et projet*. Urbia. Lausanne, Observatoire universitaire de la Ville et du Développement durable, Université de Lausanne. N°11 p. 43-74.

Rérat, P. (2008a) Densifier la ville, repenser les couronnes *les urbanités* janvier 2010 urbanites.rts.ch/invites/densifier-la-ville-repenser-les-couronnes...-par-patrick-rerat/.

Rérat, P. (2008b). "Reconstruire la ville en ville." *Géo-Regards : revue neuchâteloise de géographie*, n° 1 p. 5-125.

Rodríguez, D., A. Prévost, N. Molines et B. Beckers (2011). « Définition d'un modèle géométrique urbain pour la simulation du potentiel solaire ». *Modélisation de la ville : du modèle au projet urbain*, école des Ponts ParisTech, Marne la Vallée, Commissariat général au développement durable. pp. 239-242 ; 232 p.

Rouge, L. (2005). *Accession à la propriété et modes de vie en maison individuelle des familles modestes installées en périurbain lointain toulousain. Les "captifs" du périurbain ?* Institut D. Faucher ; CIRUS ; CIEU. Toulouse, Université de Toulouse II - Le Mirail. Thèse de doctorat de géographie et aménagement du territoire 381 p.

Rousseaux (2009) « Une méthode d'analyse pour mesurer l'impact des documents d'urbanisme sur la maîtrise de l'étalement urbain : l'exemple de La Rochelle, France ». *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* vol 9 n°2; <http://vertigo.revues.org/8682>.

Roy, B. (1985). *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*, Economica. 423 p.

Roy, B. (1997). L'aide à la décision aujourd'hui : que devrait-on en attendre ? . L. Document du Lamsade n° 104, Université Paris-Dauphine. 61 p.

Roy, B. (2002). Présentation et interprétation de la méthode Electre tri pour affecter des zones dans des catégories de risques. LAMSADE. Document n°124.

Roy, B. et H. Hassan (1994). Intérêt des méthodes multicritères pour l'aide à la décision concernant les investissements en matière d'infrastructure de transports. *Cahier du LAMSADE*, Université Paris-Dauphine. N°24. 15 p.

Sallez(Dir), A. (2007). Formes d'habitat et densités urbaines : Quelles opportunités pour la ville de demain ?, Observatoire de la ville, Bouygues immobilier, Cité de l'Architecture et du patrimoine, AMC. Cahiers de l'observatoire de la ville n°1. 66 p.

Saulnier, N. (2006). De la qualité de vie au diagnostic urbain : vers une nouvelle méthode d'évaluation. Le cas de la ville de Lyon. *Les rapports d'étude*. CERTU, CERTU - Agence d'urbanisme pour le développement de l'agglomération lyonnaise. 131 p.

Schärlig, A. (1985). *Décider sur plusieurs critères, panorama de l'aide à la décision multicritère*. Lausanne. 304 p.

Schärlig, A. (1996). *Pratiquer Electre et Prométhée* Lausanne, Suisse. 173 p.

Singh, R.K., H.R. Murty, S.K. Gupta et A.K. Dikshit (2012). "An overview of sustainability assessment methodologies." *Ecological Indicators* 15 (2012). pp. 281-299.

Solard, G. (2009). "A la campagne, comme à la ville, des commerces traditionnels proches de la population " *Insee Première* N°1245.

Solard, G. (2010). "Le commerce de proximité." *Insee Première* N°1292, mai 2010. 4 p.

Soler-Couteaux, P. (2012) Fiche 1 - Fonction et portée juridique des annexes du PLU. *Séminaire écriture des PLU* Annexes du PLU, Gridauh 11 p.; www.gridauh.fr/comptes-rendus-de-travaux/ecriture-des-plu/.

Talon, A., S. Heyman, C. Curt et H. Felix (2009). *Estimation de la qualité des données d'expertise des barrages*. 27^{ème} rencontres AUGC. Saint-Malo 2009. 15 p.

ThéMA (2002). Aménités urbaines et périurbaines Qualifier l'attraction des lieux. Module D3 Aménités urbaines et périurbaines. MobiSim Laboratoire ThéMA. 18 p.

Theys, J. (2000). Développement durable Villes et territoires Innover et décroisonner pour anticiper les ruptures "Un nouveau principe d'action pour l'aménagement du territoire ? : le développement durable et la confusion des (bons) sentiments", Ministère de l'équipement, des transports et du logement. N°13. pp.9-37.

Theys, J. (2002) « L'approche territoriale du " développement durable ", condition d'une prise en compte de sa dimension sociale ». *Développement durable et territoires [En ligne]*, Dossier 1 : *Approches territoriales du Développement Durable* mis en ligne le 23 septembre 2002, consulté le 04 avril 2012. URL : <http://developpementdurable.revues.org/1475>.

Toubin, M., S. Lhomme, Y. Diab, D. Serre et R. Laganier (2012) « La Résilience urbaine : un nouveau concept opérationnel vecteur de durabilité urbaine ? ». *Développement durable et territoires [En ligne]*, Vol. 3, n°1 11 juin 2012; Mai 2012, mis en ligne le 11 juin 2012, consulté le 02 octobre 2012. URL : <http://developpementdurable.revues.org/9208>.

Vigo, E. (2000). *Recherche sur les implications spatiales de la planification réglementaire en droit de l'urbanisme*. Droit public, Université de Perpignan. 832 p.

Villalba, B., A. Goxe et J.-C. Lipovac (2005). « Évaluer le développement durable : enjeux, méthodes, démarches d'acteurs. ». *Journée d'étude « Évaluer le développement durable : enjeux, méthodes, démarches d'acteurs »*, Lille. 24 p.

Vreeker, R., P. Nijkamp et C.T. Welle (2002). "A multicriteria decision support methodology for evaluating airport expansion plans " *Transportation Research Part D* N°7. p. 22-47.

Wachter, D., A. Bourdin et J. Lévy (2000). *Repenser le territoire : un dictionnaire critique*, AUBE, DATAR. 287 p.

Wellhoff, F. et J.-M. Perignon (2010). Influence sur la qualité architecturale de la réglementation issue des documents d'urbanisme. Du bon usage de l'article 11 des PLU, CDEDD, MEEDDM, inspection générale de l'architecture et du patrimoine. 97 p.

Wiel, M. (1999). *La transition urbaine, ou le passage de la ville pédestre à la ville motorisée*, Mardaga. 150 p.

Wiel, M. (2006). Polysémie de la densité...Comment vivre avec... *Colloque Denses cités. La densité peut-elle enrayer l'étalement urbain ? - 20 décembre 2006*, Créteil, Association Urba+ ; PUCA/Ministère de l'Équipement. 16 p.

Williams, k., E. Burton et M. Jenks (2000). *Achieving Sustainable Urban Form*, Spon Press. 388 p.

Yu, W. (1992a). *"Aide multicritère à la décision dans le cadre de la problématique du tri : Concepts, Méthodes et Applications"*, Université de Paris-Dauphine. Thèse de doctorat.

Yu, W. (1992b). *Electre Tri : aspects méthodologiques et manuel d'utilisation (Version 1.0). Document du Lamsade n° 74*. Paris, Université Paris-Dauphine. 80 p.

Annexes

Annexe 1. Champ d'application de la directive « plans et programmes » - Directive 2001/42/CE en France

Article L121-10 du Code de l'Urbanisme

- Modifié par [LOI n° 2010-788 du 12 juillet 2010 - art. 16](#)

I. — Font l'objet d'une évaluation environnementale, dans les conditions prévues par la directive 2001/42/ CE du Parlement européen et du Conseil, du 27 juin 2001, relative à l'évaluation des incidences de certains plans et programmes sur l'environnement ainsi que ses annexes et par la présente section :

1° Les directives territoriales d'aménagement et les directives territoriales d'aménagement et de développement durables ;

2° Le schéma directeur de la région d'Ile-de-France ;

3° Les schémas de cohérence territoriale et les schémas de secteur ;

4° Les prescriptions particulières de massif prévues à [l'article L. 145-7](#).

II. — Font également l'objet de l'évaluation environnementale prévue au premier alinéa du I les documents qui déterminent l'usage de petites zones au niveau local suivants :

1° Les Plans Locaux d'Urbanisme :

a) Qui sont susceptibles d'avoir des effets notables sur l'environnement, au sens de l'annexe II à la directive 2001/42/ CE du Parlement européen et du Conseil, du 27 juin 2001, précitée, compte tenu notamment de la superficie du territoire auquel ils s'appliquent, de la nature et de l'importance des travaux et aménagements qu'ils autorisent et de la sensibilité du milieu dans lequel ceux-ci doivent être réalisés ;

b) Ou qui comprennent les dispositions des plans de déplacements urbains mentionnés aux [articles 28 à 28-4 de la loi n° 82-1153 du 30 décembre 1982](#)d'orientation des transports intérieurs ;

2° Les cartes communales qui permettent la réalisation d'activités, de travaux, d'aménagements, d'ouvrages ou d'installations mentionnés à l'article [L. 414-4 du code de l'environnement](#) ;

3° Les schémas d'aménagement prévus à [l'article L. 146-6-1](#) du présent code.

III. — Sauf dans le cas où elles ne prévoient que des changements qui ne sont pas susceptibles d'avoir des effets notables sur l'environnement, au sens de l'annexe II à la directive 2001/42/ CE du Parlement européen et du Conseil, du 27 juin 2001, précitée, les modifications des documents mentionnés aux I et II du présent article donnent lieu soit à une nouvelle évaluation environnementale, soit à une actualisation de l'évaluation environnementale réalisée lors de leur élaboration.

D'après <http://www.legifrance.gouv.fr>

Annexe 2. Contenu de l'évaluation des incidences Natura 2000

Article R414-23 du Code de l'Environnement

- Modifié par [Décret n°2010-365 du 9 avril 2010 - art. 1](#)

Le dossier d'évaluation des incidences Natura 2000 est établi, s'il s'agit d'un document de planification, par la personne publique responsable de son élaboration, s'il s'agit d'un programme, d'un projet ou d'une intervention, par le maître d'ouvrage ou le pétitionnaire, enfin, s'il s'agit d'une manifestation, par l'organisateur.

Cette évaluation est proportionnée à l'importance du document ou de l'opération et aux enjeux de conservation des habitats et des espèces en présence.

I.-Le dossier comprend dans tous les cas :

1° Une présentation simplifiée du document de planification, ou une description du programme, du projet, de la manifestation ou de l'intervention, accompagnée d'une carte permettant de localiser l'espace terrestre ou marin sur lequel il peut avoir des effets et les sites Natura 2000 susceptibles d'être concernés par ces effets ; lorsque des travaux, ouvrages ou aménagements sont à réaliser dans le périmètre d'un site Natura 2000, un plan de situation détaillé est fourni ;

2° Un exposé sommaire des raisons pour lesquelles le document de planification, le programme, le projet, la manifestation ou l'intervention est ou non susceptible d'avoir une incidence sur un ou plusieurs sites Natura 2000 ; dans l'affirmative, cet exposé précise la liste des sites Natura 2000 susceptibles d'être affectés, compte tenu de la nature et de l'importance du document de planification, ou du programme, projet, manifestation ou intervention, de sa localisation dans un site Natura 2000 ou de la distance qui le sépare du ou des sites Natura 2000, de la topographie, de l'hydrographie, du fonctionnement des écosystèmes, des caractéristiques du ou des sites Natura 2000 et de leurs objectifs de conservation.

II.-Dans l'hypothèse où un ou plusieurs sites Natura 2000 sont susceptibles d'être affectés, le dossier comprend également une analyse des effets temporaires ou permanents, directs ou indirects, que le document de planification, le programme ou le projet, la manifestation ou l'intervention peut avoir, individuellement ou en raison de ses effets cumulés avec d'autres documents de planification, ou d'autres programmes, projets, manifestations ou interventions dont est responsable l'autorité chargée d'approuver le document de planification, le maître d'ouvrage, le pétitionnaire ou l'organisateur, sur l'état de conservation des habitats naturels et des espèces qui ont justifié la désignation du ou des sites.

III.-S'il résulte de l'analyse mentionnée au II que le document de planification, ou le programme, projet, manifestation ou intervention peut avoir des effets significatifs dommageables, pendant ou après sa réalisation ou pendant la durée de la validité du document de planification, sur l'état de conservation des habitats naturels et des espèces qui ont justifié la désignation du ou des sites, le dossier comprend un exposé des mesures qui seront prises pour supprimer ou réduire ces effets dommageables.

IV.-Lorsque, malgré les mesures prévues au III, des effets significatifs dommageables subsistent sur l'état de conservation des habitats naturels et des espèces qui ont justifié la désignation du ou des sites, le dossier d'évaluation expose, en outre :

1° La description des solutions alternatives envisageables, les raisons pour lesquelles il n'existe pas d'autre solution que celle retenue et les éléments qui permettent de justifier l'approbation du document de planification, ou la réalisation du programme, du projet, de la manifestation ou de l'intervention, dans les conditions prévues aux VII et VIII de [l'article L. 414-4](#) ;

2° La description des mesures envisagées pour compenser les effets dommageables que les mesures prévues au III ci-dessus ne peuvent supprimer. Les mesures compensatoires permettent une compensation efficace et proportionnée au regard de l'atteinte portée aux objectifs de conservation du ou des sites Natura 2000 concernés et du maintien de la cohérence globale du réseau Natura 2000. Ces mesures compensatoires sont mises en place selon un calendrier permettant d'assurer une continuité dans les capacités du réseau Natura 2000 à assurer la conservation des habitats naturels et des espèces. Lorsque ces mesures compensatoires sont fractionnées dans le temps et dans l'espace, elles résultent d'une approche d'ensemble, permettant d'assurer cette continuité ;

3° L'estimation des dépenses correspondantes et les modalités de prise en charge des mesures compensatoires, qui sont assumées, pour les documents de planification, par l'autorité chargée de leur approbation, pour les programmes, projets et interventions, par le maître d'ouvrage ou le pétitionnaire bénéficiaire, pour les manifestations, par l'organisateur bénéficiaire.

D'après <http://www.legifrance.gouv.fr>

Ainsi, s'il est possible de démontrer que le PLU n'est pas susceptible d'avoir des incidences notables sur les sites Natura 2000, le code de l'environnement (article R414-23) prévoit que la version minimum de l'évaluation des incidences Natura 2000 peut se résumer à une présentation simplifiée du document de planification, accompagnée d'une localisation du site Natura 2000, et un exposé sommaire des raisons pour lesquelles le plan n'est pas susceptible d'avoir une incidence sur les sites Natura 2000.

Dans le cas contraire, si l'absence d'impact notable n'a pas pu être écartée, alors l'étude d'incidence se doit d'être poussée.

Un doute subsiste néanmoins quant à la forme que doit prendre le rapport de présentation du PLU : si l'exposé sommaire justifie de l'absence d'impact notable, est ce que le rapport de présentation du PLU peut fournir des éléments d'évaluation « de droit commun », ou doit-il tout de même fournir l'ensemble des éléments exigés à l'article R123-2-1 du CU ?

Annexe 3. Localisation des zones du PLU de Toulouse

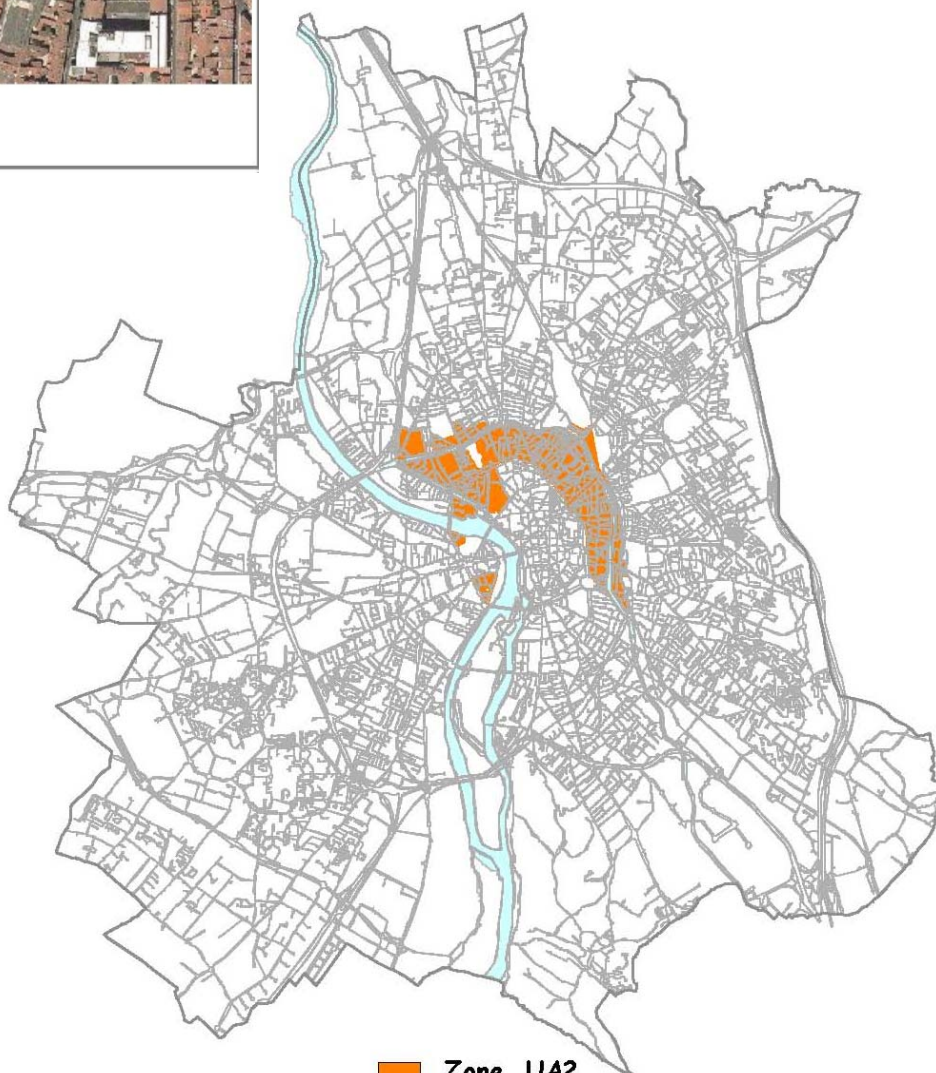
D'après la pièce 1C – Les choix du PADD et leur traduction réglementaire du PLU de Toulouse version 3ème modification (21/12/2007) pp.33-64



ZONE UA2



Belfort

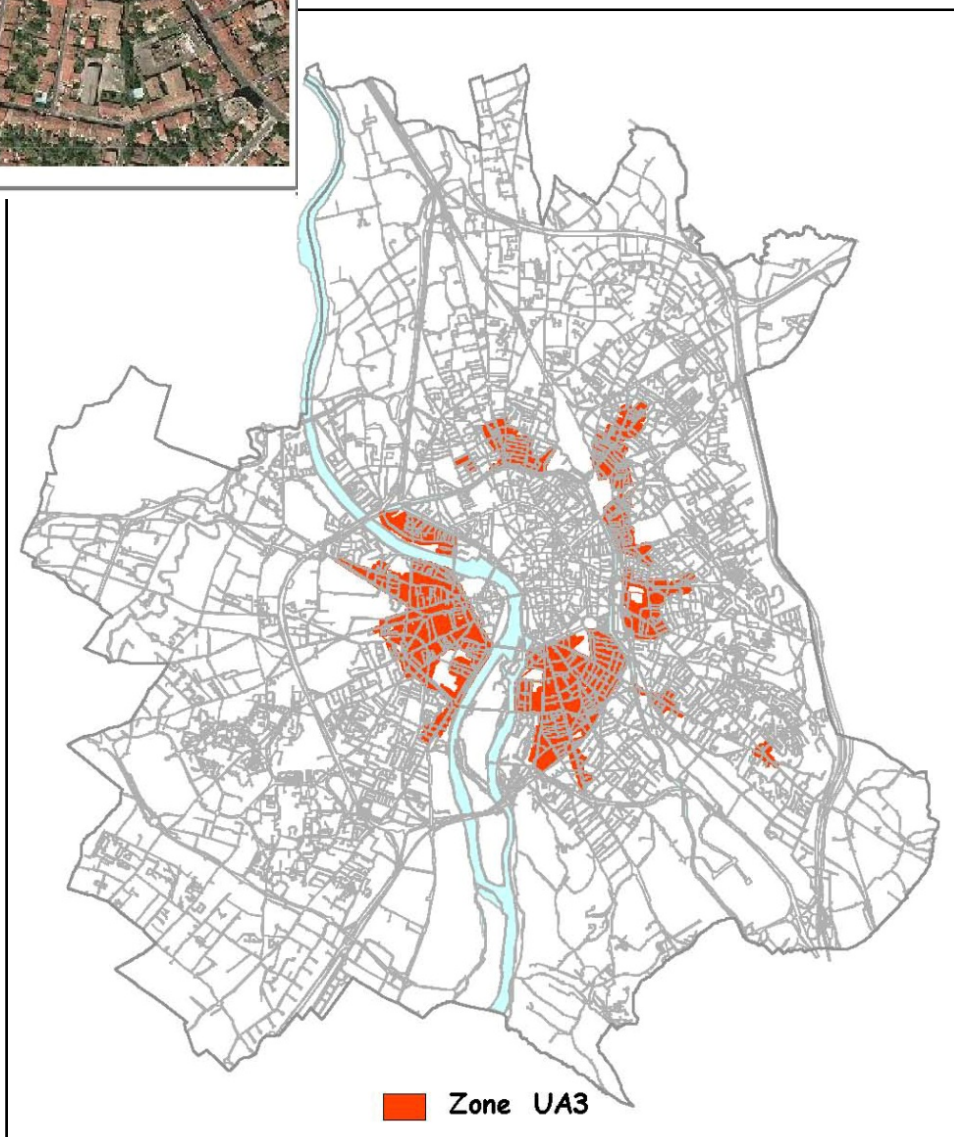


Zone UA2

ZONE UA3



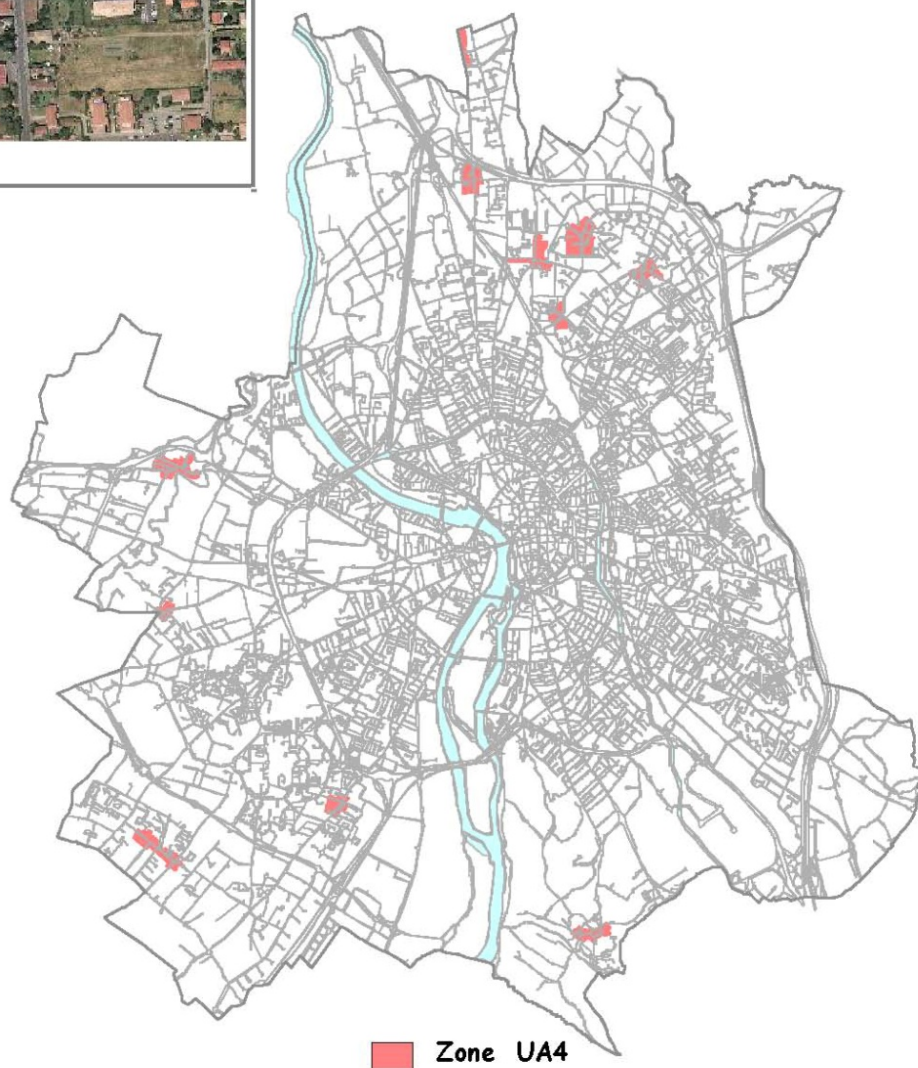
Jean Rioux



ZONE UA4



Latende



ZONE UB1



Fontaine Lestang

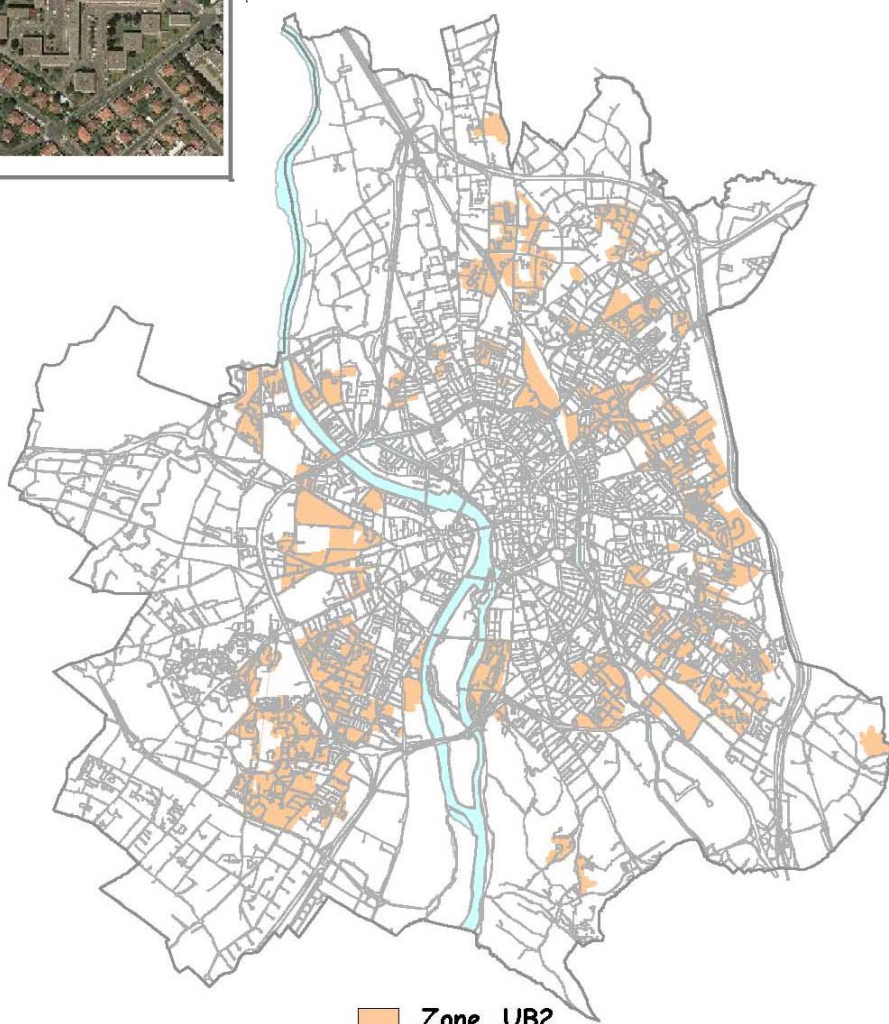


Zone UB1

ZONE UB2



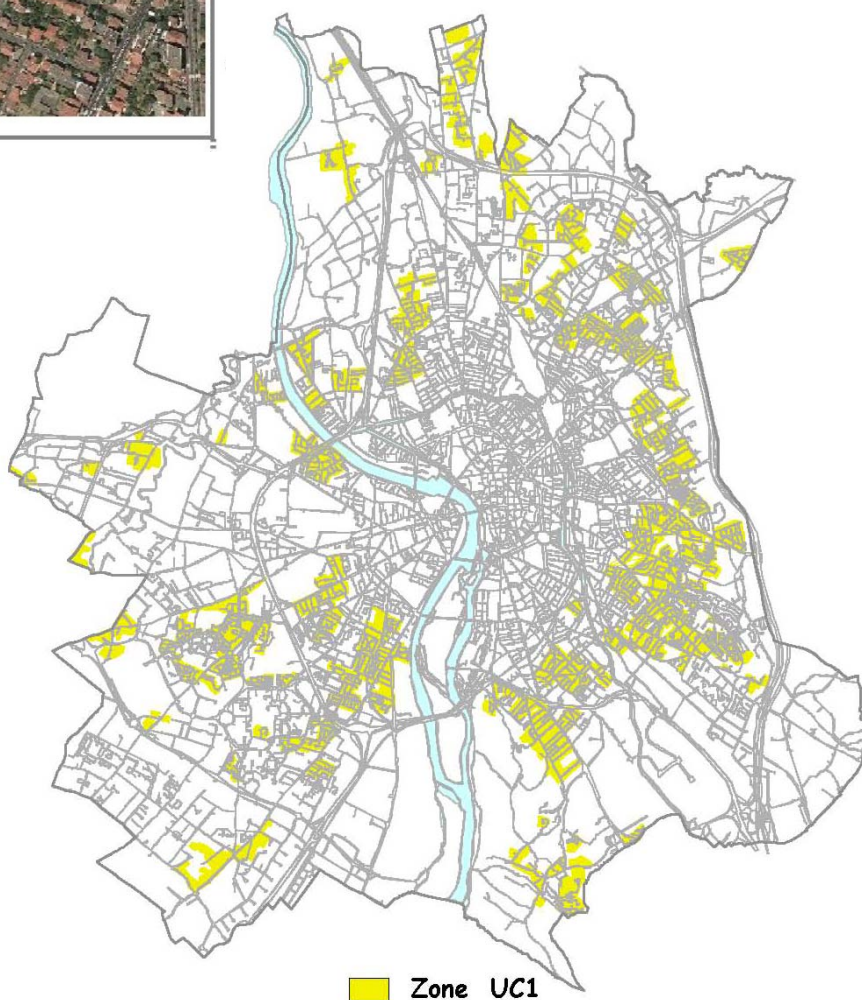
Amouroux



ZONE UC1



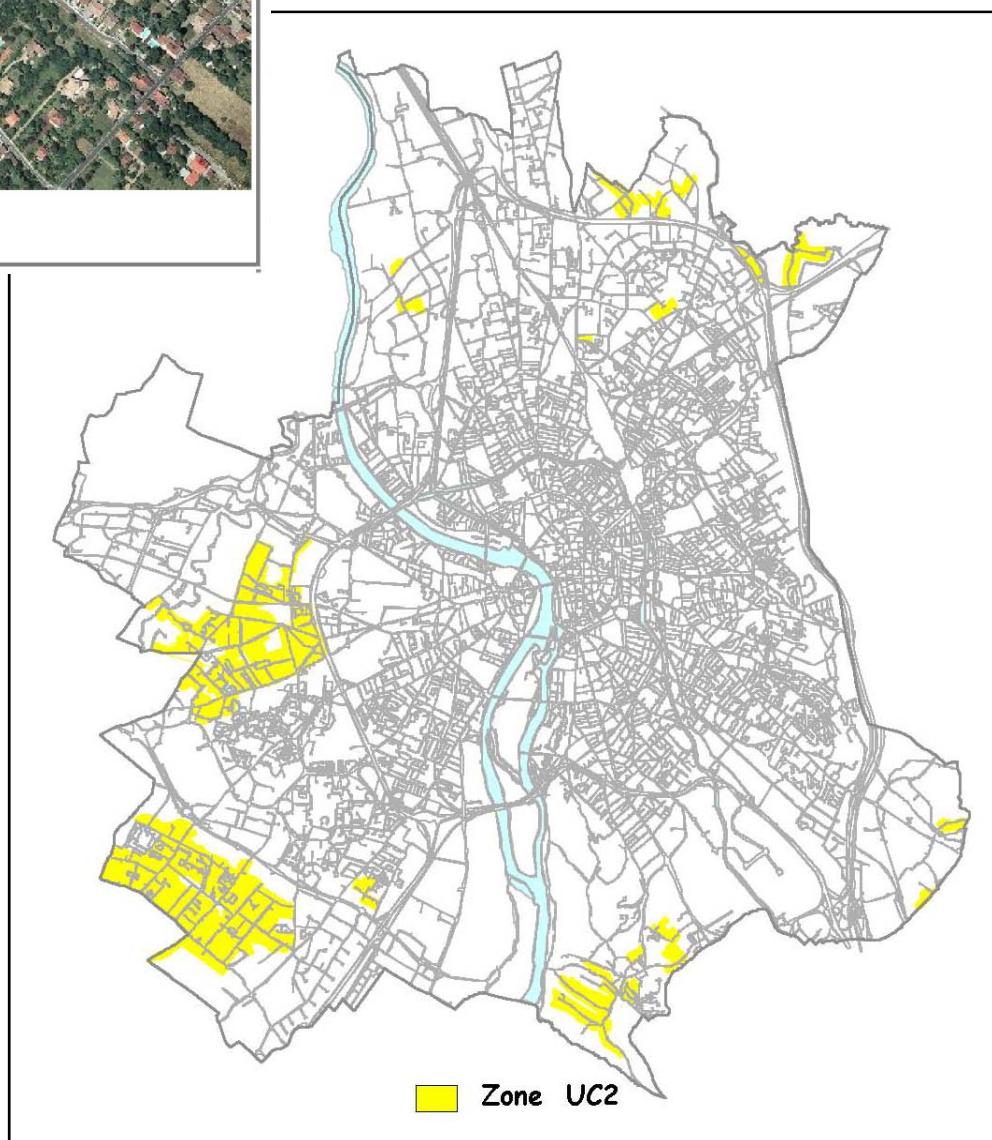
Mermoz



ZONE UC2



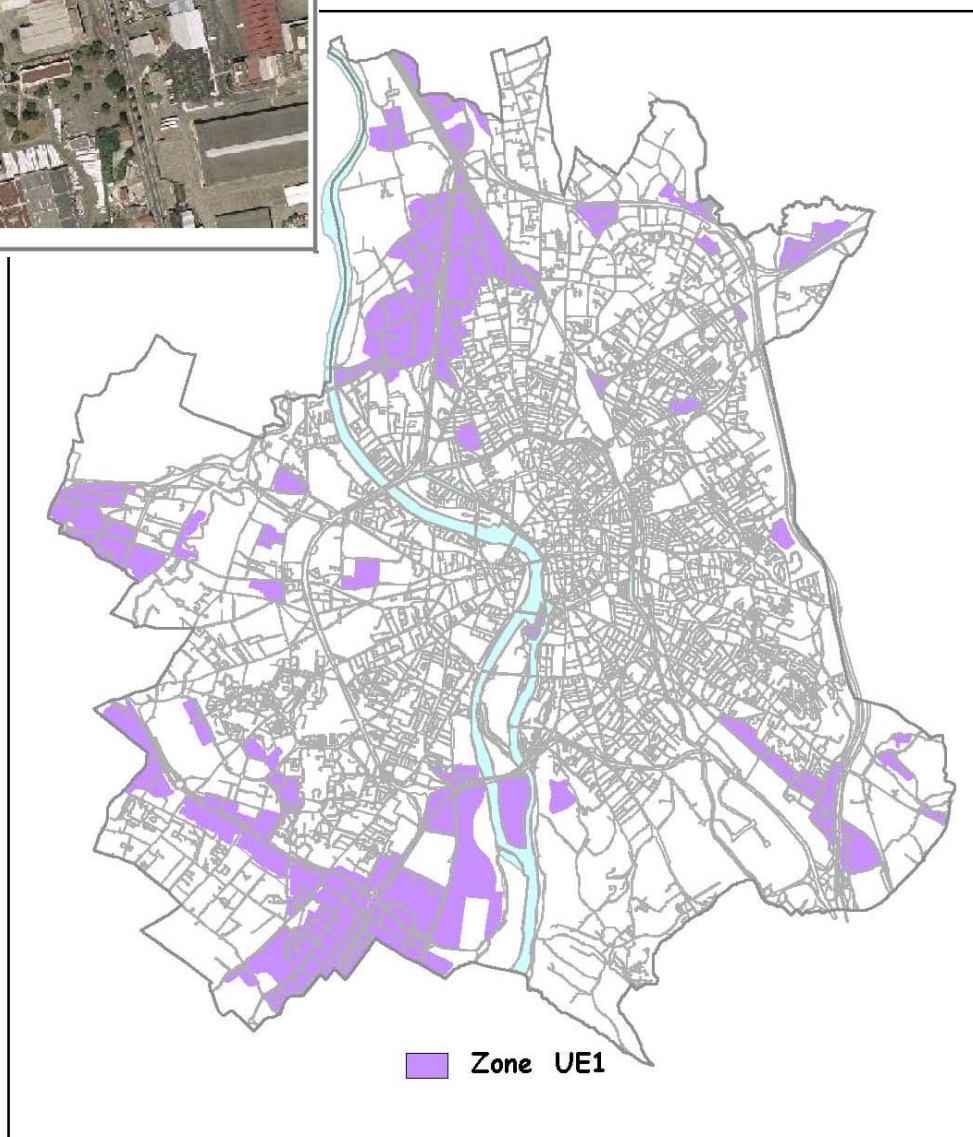
Saint-Simon



ZONE UE1



avenue des Etats-Unis



ZONE UE2



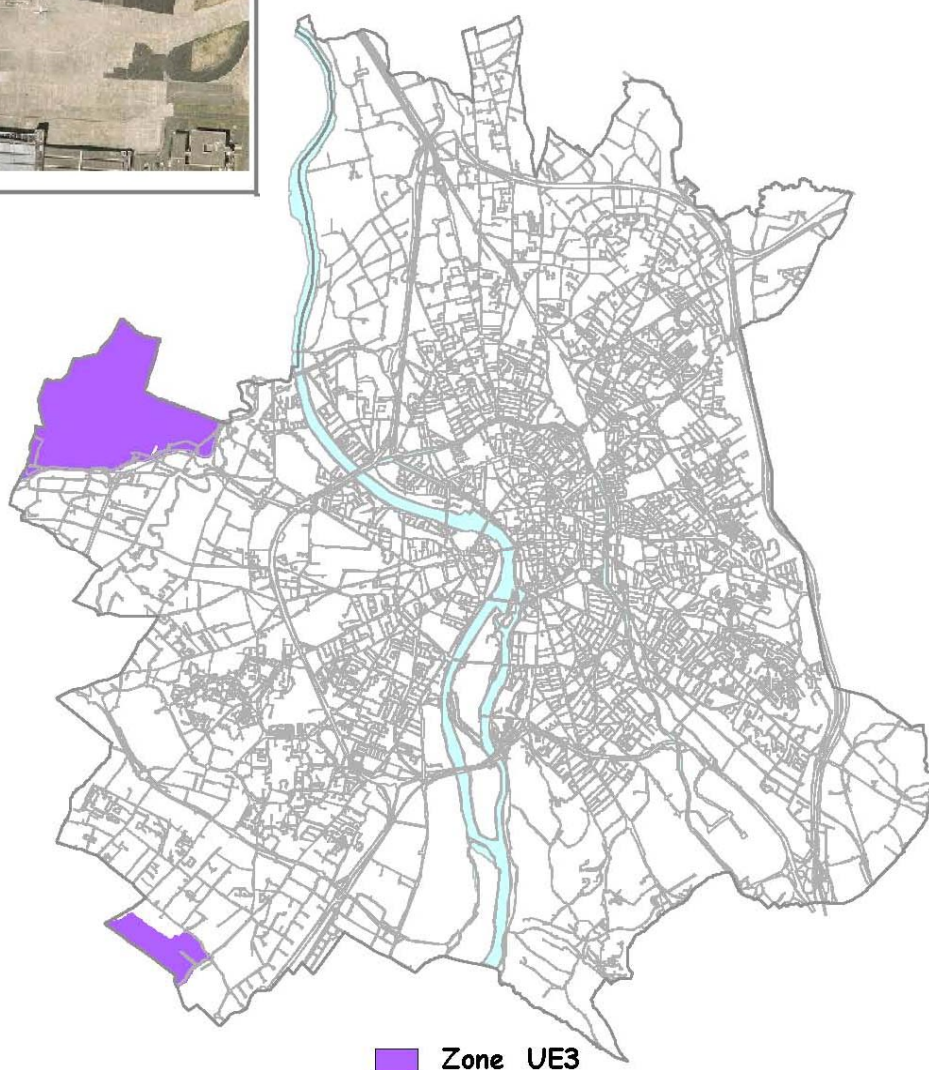
Basso Cambo



ZONE UE3



Aéroport Toulouse / Blagnac



ZONE UP



Ranquel

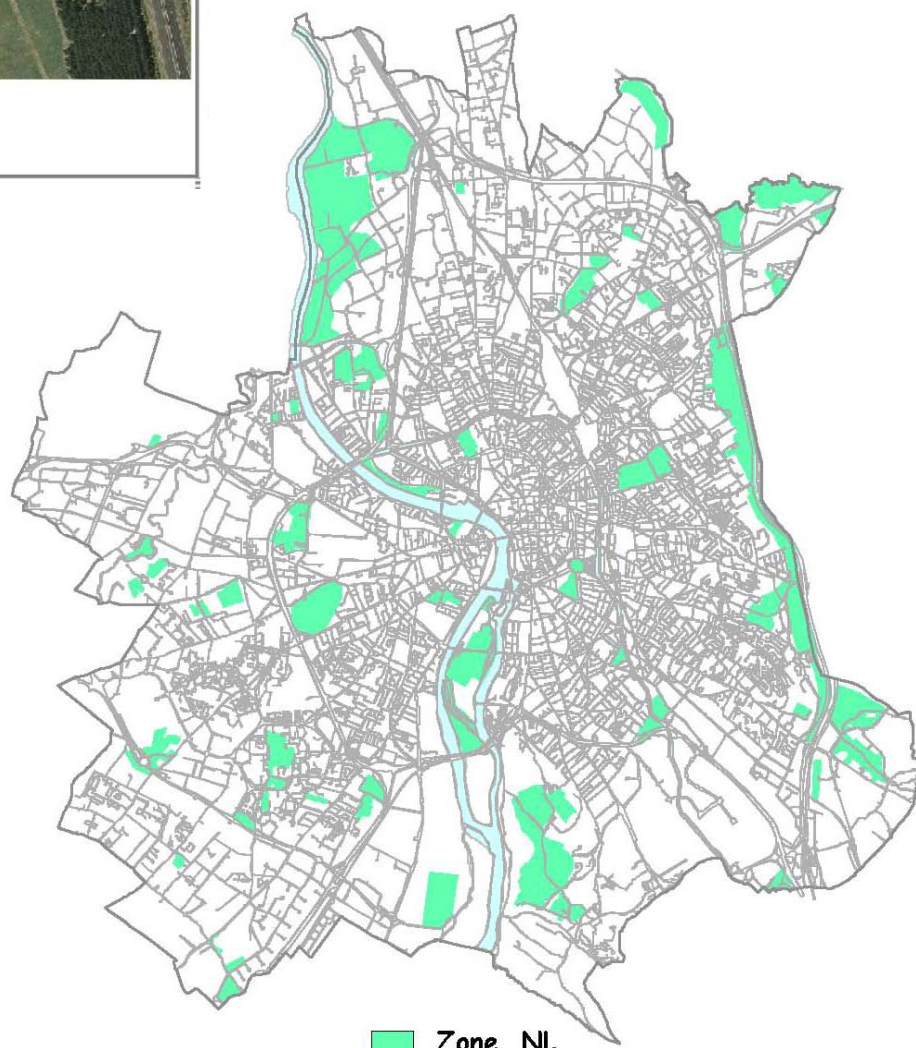


Zone UP

ZONE NL



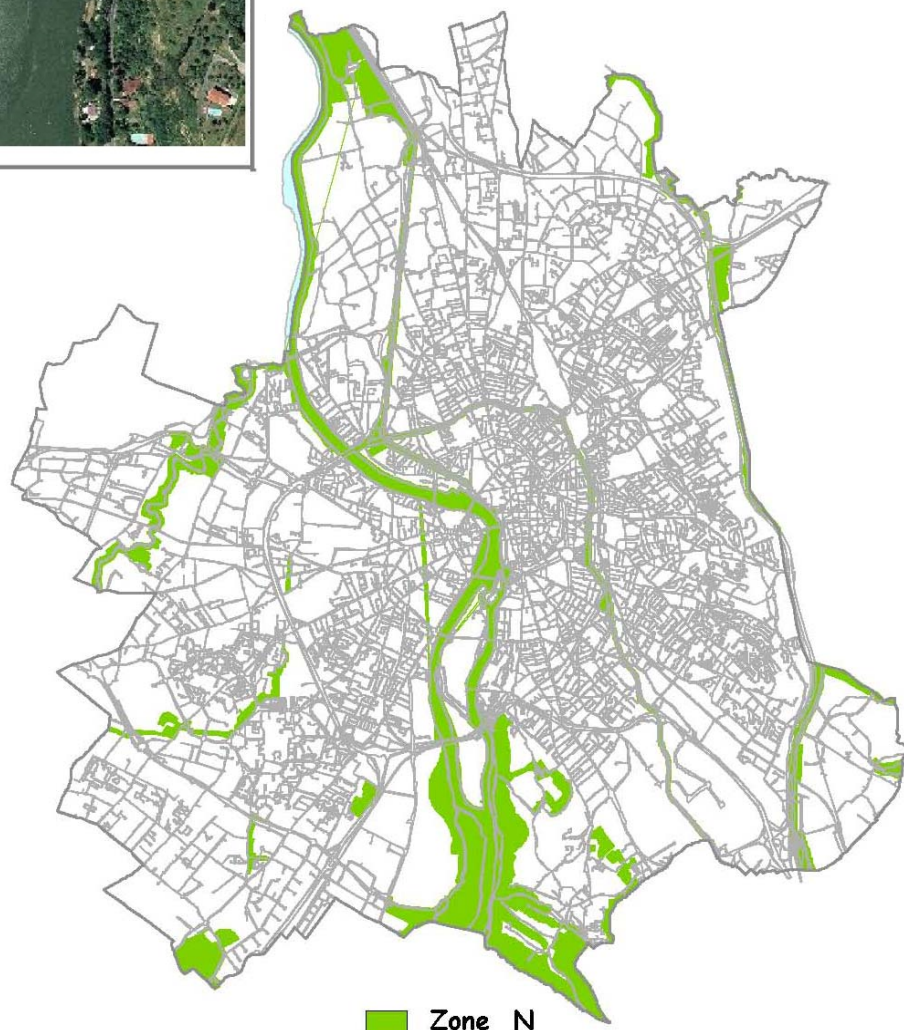
Argoulets



ZONE N



Pech David

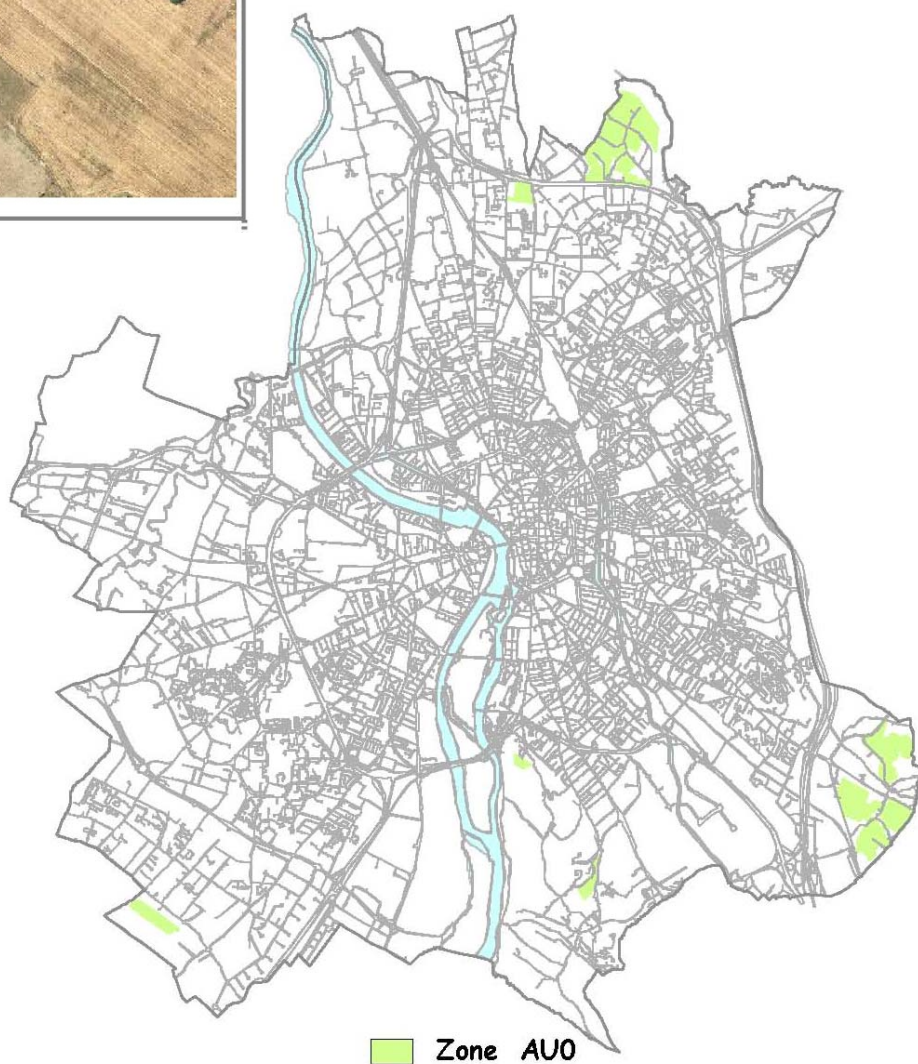


Zone N

ZONE AU0



Mercaissonne



Annexe 4. Nombre et type de permis de construire analysés pour les indicateurs de « densité bâtie », au POS et au PLU

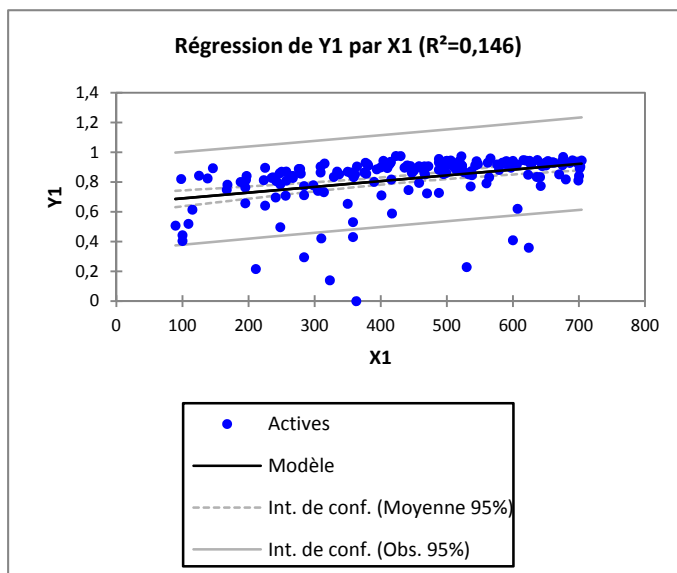
Certains permis de construire sont déposés à la même adresse. Comme précisé dans la thèse, certains sont parfois redondants (déposés, délivrés, puis le projet est abandonné et un autre permis est re-demandé) donc on a parfois plusieurs permis déposés au même endroit. Aussi, pour une même adresse, le terrain d'emprise du projet peut être divisé en lots. N'ayant pas la certitude qu'il s'agisse d'un cas ou d'un autre, on part du principe que l'on prend en compte le COS qui a été autorisé par la collectivité (le permis, avec les caractéristiques observées a été délivré).

		UC1	UC2	UB1	UB2	UA3
Période du PLU	<i>Nombre total de permis analysés / nombre logements correspondants</i>	104/683	110/236	170/4950	47/1881	58/1412
	<i>Pourcentages de permis à destination de collectif / nombre de logements</i>	18%/502	5%/108	60%/4845	85%/1854	71%/1393
	<i>Pourcentage de permis à destination d'habitat individuel / nombre de logements</i>	82%/181	95%/128	40%/105	15%/27	29%/19
	<i>Nombre de permis déposés sur une même adresse parcellaire</i>	17% uniquement pour habitat individuel, mais avec des COS différents	32% dont 31% pour individuel	6% dont 2% pour collectif	13%, uniquement pour collectif	10%
Période du POS	<i>Nombre total de permis analysés / nombre logements correspondants</i>	24/80	65/247	44/520	10/287	12/173
	<i>Pourcentages de permis à destination de collectif / nombre de logements</i>	8%/39	6%/166	32%/447	70%/284	83%/170
	<i>Pourcentage de permis à destination d'habitat individuel / nombre de logements</i>	92%/41	94%/81	68%/73	30%/3	17%/3
	<i>Nombre de permis déposés sur une même adresse parcellaire</i>	10%	45% mais sûrement sur des lots différents ayant la même adresse	14%, individuel uniquement	0	0

Annexe 5. Influence de la taille des parcelles sur les résultats de dispersion des COS : graphiques et régressions linéaires

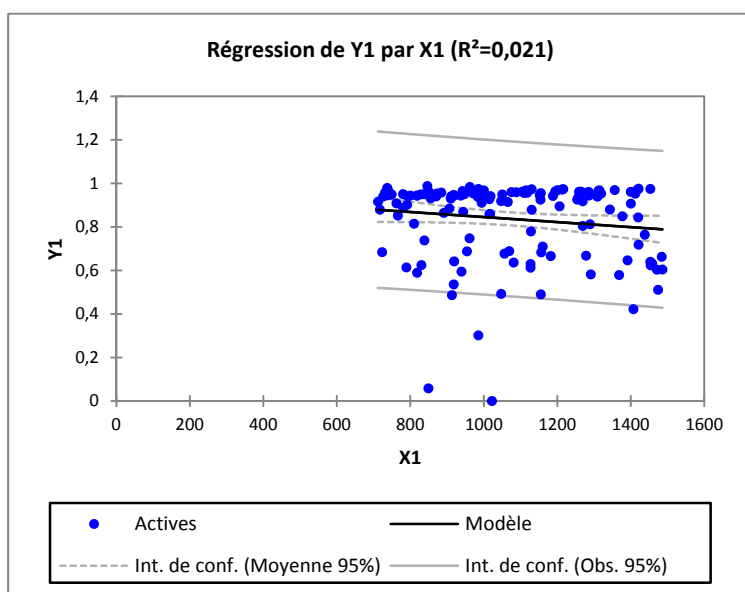
1. Petites parcelles, pour l'ensemble des zones analysées :

Le R^2 est égal à 14,6%,



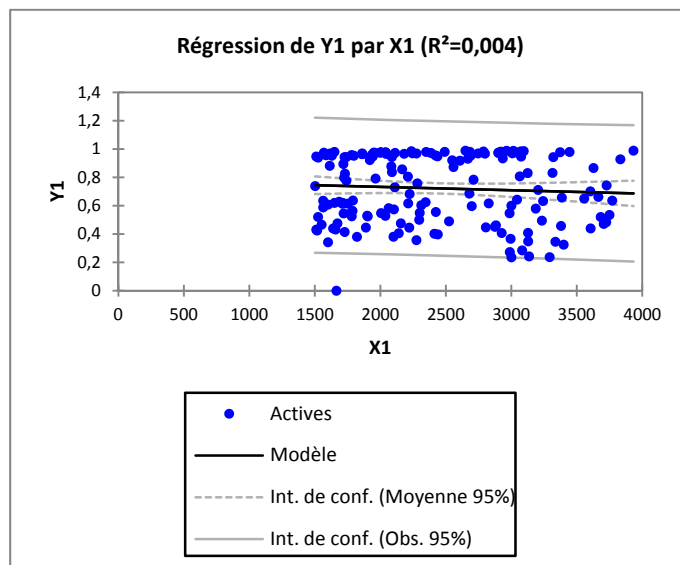
2. Parcelles moyennes, pour l'ensemble des zones analysées

Le R^2 est égal à 2,1%.



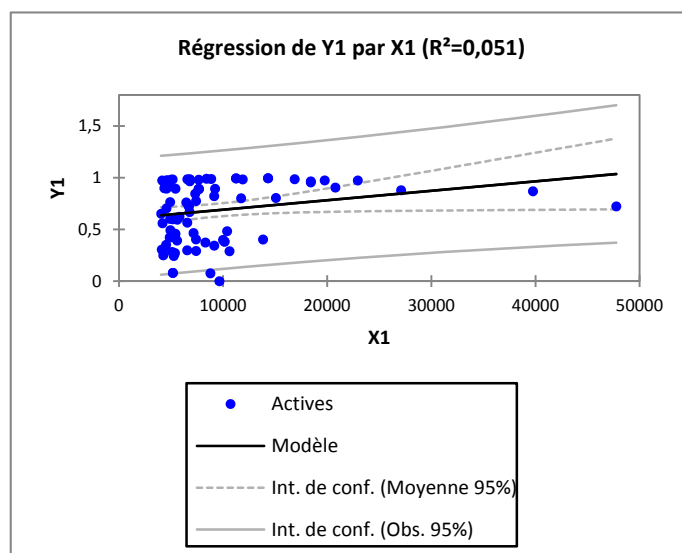
3. Grandes parcelles, pour l'ensemble des zones analysées

Le R^2 vaut 0,4%.



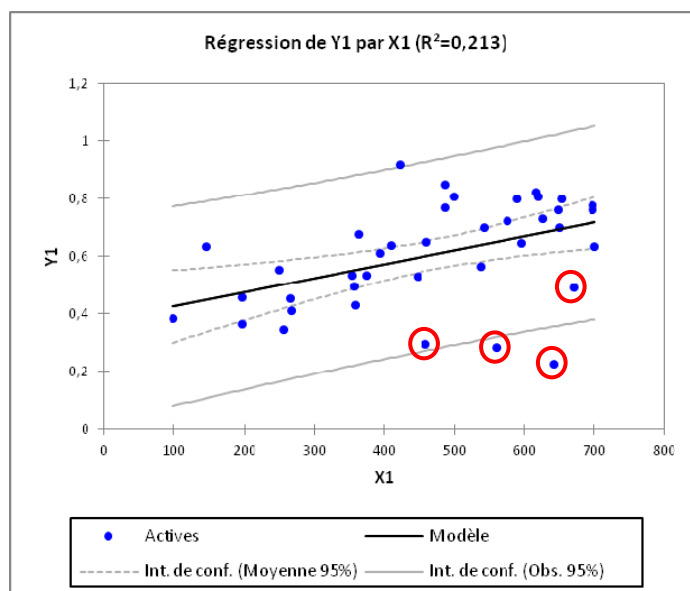
4. Très grandes parcelles, pour l'ensemble des zones analysées :

Le R^2 est égal à 5,1%.



5. UB1 :

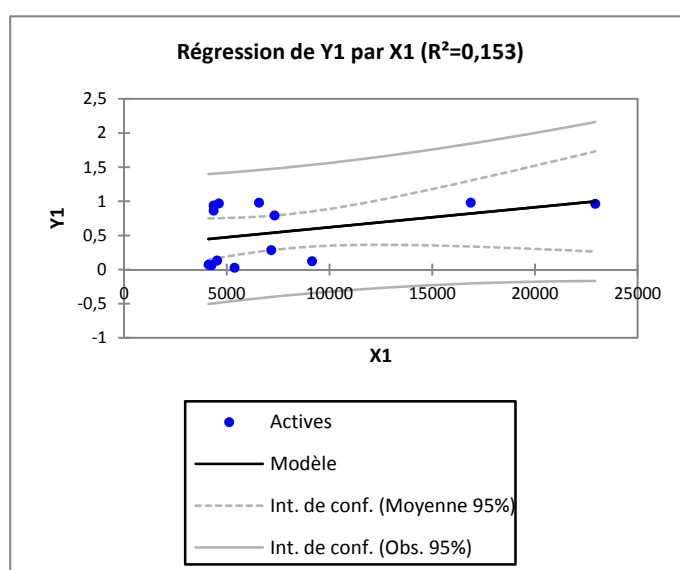
UB1 - Petites parcelles : le R^2 est de 21%, On remarque aussi qu'il y a 4 permis soit 10 % des PC qui sont éloignés de la modélisation affine.



6. UB2 :

UB2- Parcelles très grandes :

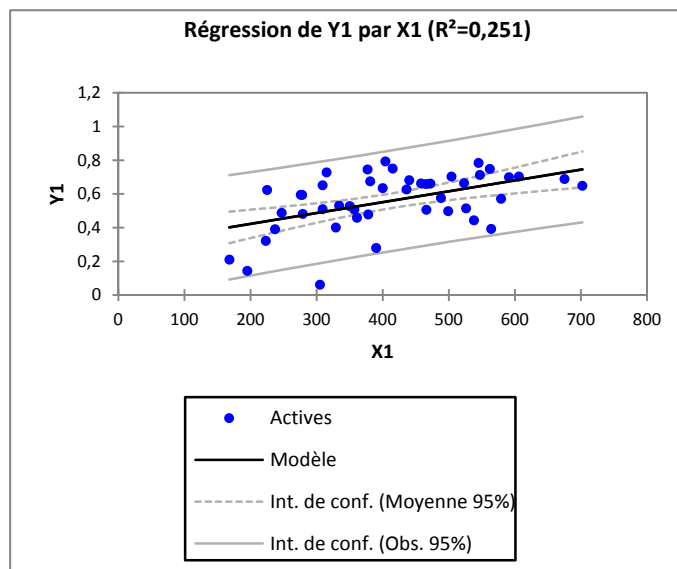
Le R^2 est égal à 15%.



7. UC1 pour l'ensemble des permis (y compris collectifs) :

UC1- avec collectifs ; Petites parcelles :

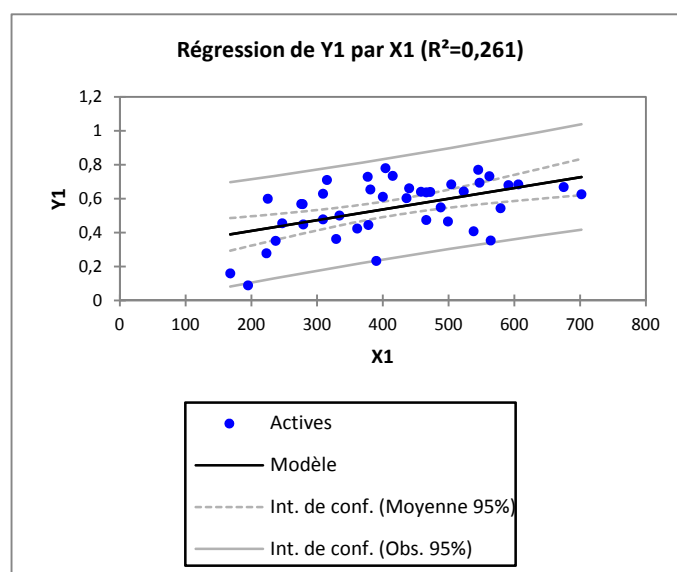
Le R^2 est égal à 25%.



8. UC1 sans les permis à destination de collectifs :

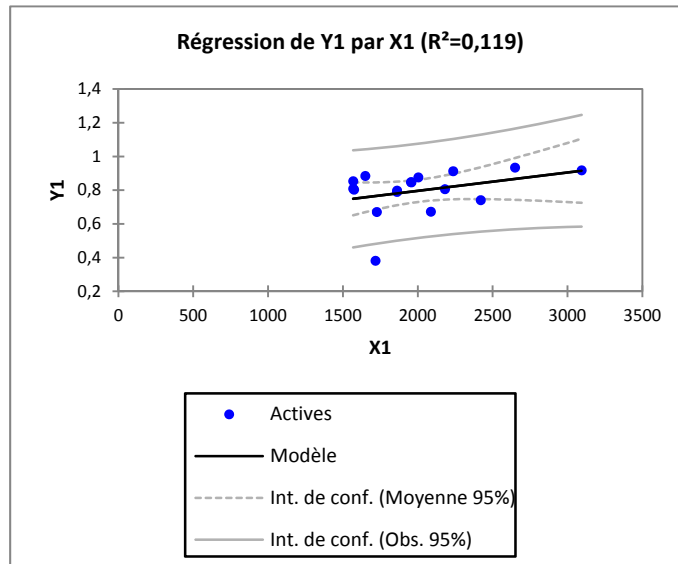
8.1. UC1 – sans collectifs ; petites parcelles :

Le R^2 est égal à 26%



8.2. UC1 – sans collectifs ; grandes parcelles :

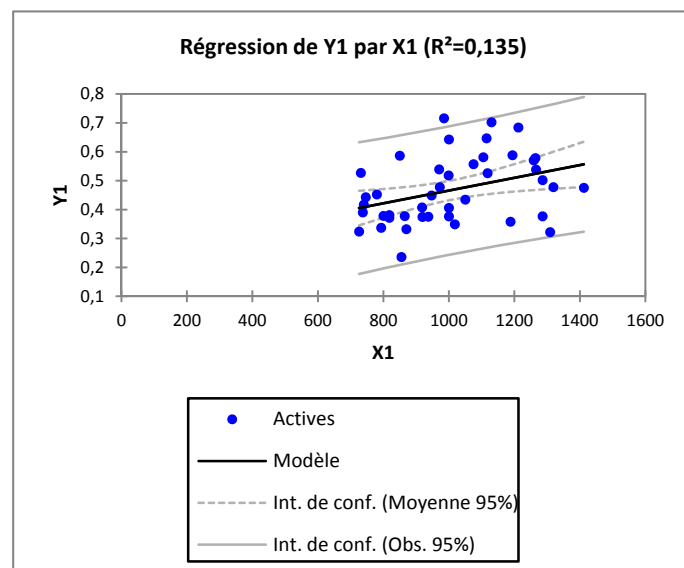
Le R^2 est égal à 12%.



9. UC2 :

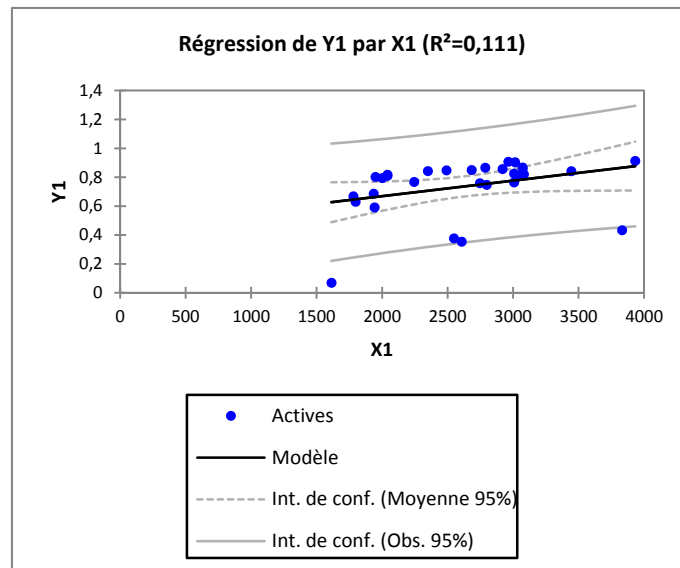
9.1. UC2- Parcelles moyennes :

Le R^2 est égal à 14%.



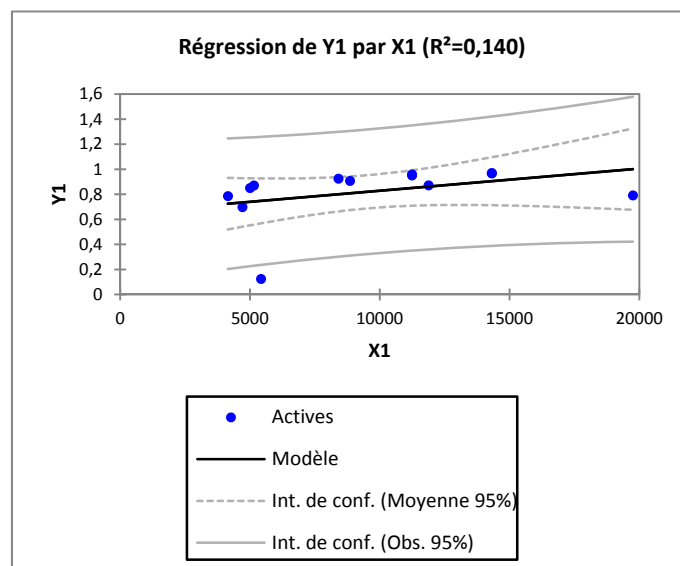
9.2. UC2 – grandes parcelles:

Le R^2 est égal à 11 %.



9.3. UC2- très grandes parcelles :

Le R^2 est égal à 14%.



Annexe 6. Traitements préalables des données pour les indicateurs de l'enjeu « espaces libres »

Nos données permis de construire ne comprennent pas de champ relatif à la surface bâtie au sol qui doit nous servir pour calculer la proportion de surface non bâtie sur la parcelle ; nous avons comme entrée la surface du terrain, la SHON totale bâtie sur la parcelle. Un travail préliminaire a donc été réalisé à partir des deux bases de données cadastrales : cadastre parcellaire et cadastre bâti.

1. Étant donné que nos permis de construire sont des objets ponctuels géoréférencés, la première étape a consisté à trouver la parcelle correspondante à chaque permis de construire de la base de données cadastrale. Pour cela, une zone tampon de 3m de diamètre a été créée autour de chaque permis de construire afin que ces objets puissent intercepter les unités cadastrales.

2. Par la suite, à partir de ces permis de construire correspondant à une parcelle du cadastre ont été sélectionnées les parcelles contenant aussi un objet bâti à partir de la base de données cadastrale-bâti.

En parallèle de cette requête géographique entre les objets des différentes tables, on calcule la surface bâtie au sol des objets de la base de données cadastrale-bâti.

Nous obtenons une table (pour chaque période du POS et du PLU) avec comme entrées : les permis de construire et leurs caractéristiques (numéro, adresse, caractéristiques du projet), la surface du terrain déclarée par le demandeur du permis, la surface du terrain calculée à partir de la base de données cadastrale, et la surface au sol du projet bâti calculée à partir du cadastre bâti.

Lors de cette recherche de données grâce au cadastre parcellaire et bâti, il y a un certain nombre de pertes du fait que tous les PC délivrés ne sont pas construits et le cadastre pas totalement à jour.

De plus, une assez grande partie de la perte des données vient du fait que certains permis sont déposés sur plusieurs parcelles or les premiers traitements géographiques réalisés avec les permis et le cadastre ne permettent de traiter qu'une parcelle unique.

De ce fait, on tente un recoupement pour les PC déposés sur plusieurs parcelles en entrant manuellement l'ensemble des références cadastrales du PC et en faisant une requête cette fois-ci sur le « nom de la parcelle ». Cela permet de « récupérer » quelques permis. Cependant, cette solution n'est pas optimale car il y a encore des pertes dues au fait que tous les permis n'ont pas les références cadastrales renseignées et les références cadastrales des permis ne sont pas toujours à jour.

Pour ces premières étapes, le calcul du CESL pour chaque permis est le suivant :
 $CESL = (surface\ du\ terrain\ déclarée - surface\ bâtie\ au\ sol\ (cadastre)) / surface\ terrain\ déclarée$

Pour tenter de rajouter les permis perdus lors de la requête géographique ou ceux dont la surface déclarée au permis ne correspond pas à la surface parcellaire, on va pour ces permis chercher autrement l'information manquante : pour ceux-là, on n'utilise plus le cadastre mais une autre table où sont référencés (non exhaustivement c'est là la limite de ces données) la hauteur des permis déposés et la SHOB. Ainsi, pour ces permis on calcule dans un premier temps, grâce à la hauteur renseignée un nombre de niveaux approximatif de la construction (en prenant une hauteur moyenne de 3m pour chaque niveau). Enfin, on peut calculer un CESL approché de la manière suivante :

$CESL = 1 - ((SHOB\ déclarée / (nbre\ niveaux\ approx * surface\ terrain\ déclaré))$.
Ce qui équivaut à $CESL = 1 - CES$

Enfin, deux tests de vérification permettent de vérifier la qualité des données disponibles.

- 1. Ont été supprimés tous les PC dont la différence entre la surface du terrain déclarée au permis et la surface du terrain calculée à partir du cadastre est supérieure à 100 m2.
- 2. Si une hauteur approximative de projet calculée est trop élevée au regard des caractéristiques de la zone où est déposé le permis, on peut dire que les données sont fausses. Ces données ne sont pas prises en compte.

Annexe 7. Analyses de robustesse des évaluations multicritères sectorielles

- Analyse de robustesse pour l'évaluation sectorielle « densité au PLU », avec les deux méthodes de définition des actions de référence.

- analyse de robustesse sur le seuil de coupe

Avec la méthode des effectifs égaux, l'analyse de robustesse sur seuil de coupe montre que les résultats de l'assignation sont stables sur $[0,7 ; 0,8]$. Au-delà, le nombre d'incomparabilités augmente. La valeur de 0,76 a été utilisée pour ce test.

Avec les K-moyennes, après analyse de robustesse, on peut garder la plage de seuil de coupe stable sur $[0,75 ; 0,9]$. La valeur de 0,76 a aussi été utilisée.

- analyse de robustesse sur les actions de référence

Pour chaque indicateur, on teste la variation du score attribué aux actions de référence (Pr1, Pr2 et Pr3), sur la plage de variation $[-5\% ; +5\%]$. On teste donc chaque score diminué de 5% de sa valeur, puis augmenté de 5% de sa valeur. L'ensemble des scores testés sont renvoyés en annexes 8 et 9 de la thèse.

Pour les actions de référence calculées avec la méthode des effectifs égaux, on ne voit aucun changement en mode pessimiste. Cependant, en mode optimiste, sur l'indicateur de COS sur petites parcelles, et en diminuant de 5% les scores des actions de référence, on observe des différences importantes de l'ordre de 33% dans les classes.

Avec les actions définies par les K-moyennes, on n'observe aucune variation sur la plage testée.

En procédure pessimiste, celle que nous avons traité en priorité dans la thèse, et avec les deux méthodes de définition des actions de référence, la plage $[-5\% ; +5\%]$ est robuste, pour tous les indicateurs.

- Analyse de robustesse pour l'évaluation sectorielle « évolution du COS entre les deux périodes »

- Analyse de robustesse

Pour l'analyse de sensibilité sur le seuil de coupe, on a retenu une plage de seuil de coupe stable sur [0,55 ; 0,75]. On a donc utilisé 0,75, valeur la plus élevée de cette plage.

Pour les actions de référence, comme pour le test précédent, on choisit de tester une plage de variation de [-5%; +5%] des scores des 3 actions de référence, indicateur après indicateur (voir les valeurs testées en annexe).

On n'observe aucun changement sur les résultats d'affectation, les résultats sont donc robustes si on augmente ou diminue de 5% les scores des actions de référence.

- Analyse de robustesse pour l'évaluation sectorielle « dispersion de la densité au regard de la densité maximale bâtie »

- Analyse de robustesse sur le seuil de coupe

Avec la méthode des effectifs égaux, le seuil de coupe donne des résultats stables sur [0,7 ; 0,8]. Au-delà, trop d'incomparabilités sont générées (sur 2 ou 3 actions de référence). On a choisi la valeur de 0,76 pour le test.

Pour l'analyse des zones UC sans collectifs, le seuil de coupe est stable aussi sur [0,7 ; 0,8], 0,76 a été utilisé.

En utilisant la seconde méthode de définition des actions de référence, avec un seuil de coupe égal à 0,76, on obtient trop d'incomparabilités. En baissant à 0,75 (stable sur [0,65 ; 0,75]), on peut conclure sur la situation des zones. Pour l'analyse sans les collectifs dans les zones UC, on a aussi pris le seuil de coupe égal à 0,75, stable sur la même plage que la précédente.

- Analyse de robustesse sur les actions de référence

Avec la méthode des effectifs égaux, une variation de -5% des valeurs des actions de référence pour l'indicateur de dispersion sur les parcelles moyennes fait perdre une classe à UB2.

Pour cet indicateur, seule une variation de -1% ne provoque pas de changement.

Sur l'indicateur de dispersion sur les grandes parcelles, la variation de -5% fait perdre une classe à la zone UC2 ; une variation de -2% est acceptable.

Sur les très grandes parcelles, cette fois ci, UC1 perd une classe, et une variation de -3% reste acceptable.

En revanche, tous les tests avec une augmentation de 5% des scores des actions de référence ont montré des résultats stables.

Avec cette méthode, les actions de référence sont stables sur [-1% ; + 5%], tous indicateurs confondus. Les actions de référence sont donc sensibles à des variations négatives, dues à une sensibilité pour 3 indicateurs que nous venons de présenter.

Avec la méthode des K-moyennes, sur l'indicateur de dispersion sur parcelles moyennes, grandes et très grandes, une diminution de la valeur de l'action de référence est impactante. De plus, pour les grandes parcelles, aucune variation n'est tolérée (dès -1%, UB1 perd une classe).

En revanche, la variation de plus +5% testée sur l'ensemble des indicateurs n'a pas eu d'effet.

Avec les actions de référence définies par les K-moyennes, leur variation ne donne des résultats stables que si l'on les augmente de +5%. La sensibilité est très forte si on réduit les valeurs, à cause d'un indicateur spécifiquement.

- Analyse de robustesse pour l'évaluation sectorielle « CESL au PLU »

- Analyses de robustesse sur le paramètre du seuil de coupe

Pour la méthode des effectifs égaux, un premier test a été réalisé avec le seuil de coupe égal à 0,76. Il donnait deux incomparabilités pour la zone UA3. En baissant le seuil à 0,75 on obtient moins d'incomparabilités.

Après avoir fait varier le seuil de coupe, on garde la plage [0,65 ; 0,75] qui donne des résultats stables.

Pour les K-moyennes, le test a été réalisé avec un seuil de coupe égal à 0,76, et les résultats obtenus sont stables sur la plage de seuil de coupe [0,7 ; 0,85].

- Analyses de robustesse sur les actions de référence

Comme pour les autres tests, on fait varier les scores attribuées aux actions de référence sur la plage [-5% ; +5%] (voir les valeurs testées en annexes 8 et 9).

Avec la méthode des effectifs égaux, et en mode pessimiste, on observe les variations suivantes :

- sur l'indicateur de CESL sur parcelles moyennes, une variation de -5% de la valeur de l'action de référence fait passer la zone UC1 en classe 3 (bon résultats). Seule une variation de -1% garantit une stabilité.

Sur le même indicateur, une variation de +5% fait passer UB2 en classe « moyenne » (classe 2), et cette fois-ci, aucune variation positive du score de l'action n'est possible.

- sur l'indicateur de CESL global, une variation de +5% fait aussi passer UB2 en classe moyenne. Une variation de +2% garantit la stabilité des résultats.

Avec la méthode des effectifs égaux, tous indicateurs confondus, la plage de stabilité est égale à [-1% ; 0]. Cette plage très peu étendue est due aux deux indicateurs très sensibles que nous venons de présenter.

Avec la méthode des K-moyennes, en mode pessimiste les variations sont les suivantes

- sur l'indicateur de CESL sur parcelles de taille moyenne : une variation de + 5% fait passer la zone UC2 en classe moyenne. Une variation de + 4% donne des résultats stables.

- sur le même indicateur, une variation de -5% fait passer la zone UC1 en classe 2. Une variation de -3% est acceptable.

Les scores attribués aux actions de référence, définis par les K-moyennes sont stables sur [-3% ; + 4%], tous indicateurs confondus.

- Analyse de robustesse pour l'évaluation sectorielle « Dispersion de la proportion d'espaces libres au regard de la proportion maximale (au PLU) »

- Analyse de robustesse sur le seuil de coupe

Avec la méthode des effectifs égaux, on peut garder une plage de seuil de coupe stable sur [0,65 ; 0,75] qui ne génère pas plus d'une incomparabilité ; ce qui est le cas avec un seuil de coupe égal à 0,76 qui donne deux incomparabilités en UA3. Le test de référence a été fait avec la valeur de 0,75.

Avec les K-moyennes, le seuil de coupe testé donne des résultats stables sur [0,7 ; 0,76], la valeur utilisée pour le test de référence est égale à 0,76.

- Analyse de robustesse sur les actions de référence

Avec la méthode des effectifs égaux, en mode pessimiste, on ne voit aucune variation sur la plage testée égale à [-5% ; + 5%].

Avec la méthode des K-moyennes, pour l'indicateur de dispersion du CESL pour les grandes parcelles, une variation de -5% fait passer la zone UB2 dans la classe « moyenne » (classe 2), et d'autres tests montrent qu'aucune variation n'est tolérée.

Ainsi, avec les K-moyennes, tous indicateurs confondus, l'augmentation de +5% des valeurs des actions de référence donne des résultats stables. En revanche, la diminution de leur valeur rend les résultats instables, du fait d'un indicateur extrêmement sensible.

Annexe 8. Valeurs testées pour les analyses de sensibilité sur les actions de référence : indicateurs de l'enjeu « densité »

COS au PLU

Indicateur	Méthode	Pr3	Pr3 - 5%	Pr3 +5%	Pr2	Pr2 - 5%	Pr2 +5%	Pr1	Pr1 - 5%	Pr1 +5%
COS au PLU pour les petites parcelles	Effectifs égaux	0,229	0,218	0,240	0,439	0,417	0,461	1,197	1,137	1,257
	K-moyennes	0,377	0,358	0,396	1,092	1,037	1,147	2,418	2,297	2,539
COS au PLU pour les parcelles moyennes	Effectifs égaux	0,133	0,126	0,140	0,267	0,254	0,280	1,314	1,248	1,380
	K-moyennes	0,23	0,219	0,242	1,323	1,257	1,389	3,145	2,988	3,302
COS au PLU pour les grandes parcelles	Effectifs égaux	0,072	0,068	0,076	0,609	0,579	0,639	1,416	1,345	1,487
	K-moyennes	0,151	0,143	0,159	0,985	0,936	1,034	1,541	1,464	1,618
Cos au PLU pour les très grandes parcelles	Effectifs égaux	0,051	0,048	0,054	0,435	0,413	0,457	1,272	1,208	1,336
	K-moyennes	0,171	0,162	0,180	0,948	0,901	0,995	1,448	1,376	1,520

COS au PLU global pondéré

Pr3	Pr3 -5%	Pr3 +5%	Pr2	Pr2 -5%	Pr2 +5%	Pr1	Pr1 -5%	Pr1 +5%
0,131	0,124	0,138	0,446	0,424	0,468	1,303	1,238	1,368

Evolution du cos par type de parcelle

	Pr3	Pr3 -5%	Pr3 +5%	Pr2	Pr2 -5%	Pr2 +5%	Pr1	Pr1 -5%	Pr1 +5%
Petites	5,50%	5,23	5,78	11%	10,45	11,55	16,50%	15,68	17,33
Moyennes	12,50%	11,88	13,13	25%	23,75	26,25	37,50%	35,63	39,38
Grandes	14%	13,30	14,70	28%	26,60	29,40	42%	39,90	44,10

Evolution du cos pondéré

Pr3	Pr3 -5%	Pr3 +5%	Pr2	Pr2 -5%	Pr2 +5%	Pr1	Pr1 -5%	Pr1 +5%
10,75%	10,21	11,29	21,50%	20,43	22,58	32,25%	30,64	33,86

ZI de TC : Evolution du cos pondéré

Pr3	Pr3 -5%	Pr3 +5%	Pr2	Pr2 -5%	Pr2 +5%	Pr1	Pr1 -5%	Pr1 +5%
8,38%	7,96	8,80	16,75%	15,91	17,59	25,13%	23,87	26,39

Dispersion COS

Indicateur	Méthode	Pr1	Pr1 - 5%	Pr1 +5%	Pr2	Pr2 - 5%	Pr2 +5%	Pr3	Pr3 - 5%	Pr3 +5%
COS au PLU pour les petites parcelles	Effectifs égaux	0,686	0,652	0,720	0,874	0,830	0,918	0,934	0,887	0,981
	K-moyennes	0,378	0,359	0,397	0,745	0,708	0,782	0,897	0,852	0,942
COS au PLU pour les parcelles moyennes	Effectifs égaux	0,652	0,619	0,685	0,922	0,876	0,968	0,962	0,914	1,010
	K-moyennes	0,592	0,562	0,622	0,809	0,769	0,849	0,948	0,901	0,995
COS au PLU pour les grandes parcelles	Effectifs égaux	0,448	0,426	0,470	0,769	0,731	0,807	0,972	0,923	1,021
	K-moyennes	0,406	0,386	0,426	0,613	0,582	0,644	0,942	0,895	0,989
Cos au PLU pour les très grandes parcelles	Effectifs égaux	0,341	0,324	0,358	0,765	0,727	0,803	0,971	0,922	1,020
	K-moyennes	0,34	0,323	0,357	0,673	0,639	0,707	0,944	0,897	0,991

Dispersion COS pondérée

Pr3	Pr3 -5%	Pr3 +5%	Pr2	Pr2 -5%	Pr2 +5%	Pr1	Pr1 -5%	Pr1 +5%
0,958	0,910	1,006	0,838	0,796	0,880	0,554	0,526	0,582

opérations agrandissements au PLU

Pr3	Pr3 -5%	Pr3 +5%	Pr2	Pr2 -5%	Pr2 +5%	Pr1	Pr1 -5%	Pr1 +5%
0,051	0,048	0,054	0,102	0,097	0,107	0,153	0,145	0,161

Annexe 9. Valeurs testées pour les analyses de sensibilité sur les actions de référence : indicateurs de l'enjeu « espaces libres »

CESL au PLU

Indicateur	Méthode	Pr3	Pr3 - 5%	Pr3 +5%	Pr2	Pr2 - 5%	Pr2 +5%	Pr1	Pr1 - 5%	Pr1 +5%
CESL au PLU pour les petites parcelles	Effectifs égaux	0,417	0,396	0,438	0,657	0,624	0,690	0,783	0,744	0,822
	K-moyennes	0,232	0,220	0,244	0,564	0,536	0,592	0,754	0,716	0,792
CESL au PLU pour les parcelles moyennes	Effectifs égaux	0,625	0,594	0,656	0,794	0,754	0,834	0,869	0,826	0,912
	K-moyennes	0,521	0,495	0,547	0,775	0,736	0,814	0,867	0,824	0,910
CESL au PLU pour les grandes parcelles	Effectifs égaux	0,532	0,505	0,559	0,669	0,636	0,702	0,862	0,819	0,905
	K-moyennes	0,559	0,531	0,587	0,738	0,701	0,775	0,898	0,853	0,943

CESL au PLU global pondéré

Pr3	Pr3 -5%	Pr3 +5%	Pr2	Pr2 -5%	Pr2 +5%	Pr1	Pr1 -5%	Pr1 +5%
0,486	0,462	0,510	0,684	0,650	0,718	0,805	0,765	0,845

Evolution du cesl pondéré

Pr3	Pr3 -5%	Pr3 +5%	Pr2	Pr2 -5%	Pr2 +5%	Pr1	Pr1 -5%	Pr1 +5%
-8,63%	-8,20	-9,06	-5,75%	-5,46	-6,04	-2,88%	-2,74	-3,02

Dispersion CESL

Indicateur	Méthode	Pr3	Pr3 - 5%	Pr3 +5%	Pr2	Pr2 - 5%	Pr2 +5%	Pr1	Pr1 - 5%	Pr1 +5%
CESL au PLU pour les petites parcelles	Effectifs égaux	0,552	0,524	0,580	0,249	0,237	0,261	0,113	0,107	0,119
	K-moyennes	0,785	0,746	0,824	0,407	0,387	0,427	0,177	0,168	0,186
CESL au PLU pour les parcelles moyennes	Effectifs égaux	0,367	0,349	0,385	0,138	0,131	0,145	0,064	0,061	0,067
	K-moyennes	0,671	0,637	0,705	0,312	0,296	0,328	0,127	0,121	0,133
CESL au PLU pour les grandes parcelles	Effectifs égaux	0,419	0,398	0,440	0,261	0,248	0,274	0,077	0,073	0,081
	K-moyennes	0,497	0,472	0,522	0,292	0,277	0,307	0,088	0,084	0,092

Dispersion cesl pondérée

Pr3	Pr3 -5%	Pr3 +5%	Pr2	Pr2 -5%	Pr2 +5%	Pr1	Pr1 -5%	Pr1 +5%
0,467	0,444	0,490	0,215	0,204	0,226	0,091	0,086	0,096

Liste des figures

Figure 1. Croissance radioconcentrique de Caen et Nantes entre 1970 et 2000	21
Figure 2. Évolutions de la planification urbaine et dynamiques urbaines	24
Figure 3. Contenu global du PLU	55
Figure 4. Classification des méthodes d'évaluation de la durabilité établie par Ness et al.	76
Figure 5. Échelles, méthode et outils pour la thèse	114
Figure 6. Une même densité bâtie, des typologies de bâti différentes.	125
Figure 7. Corpus d'indicateurs réalisés	139
Figure 8. Méthodes employées pour l'analyse et l'agrégation des indicateurs	142
Figure 9. Relations de préférence établies à partir d'un pseudo-critère	148
Figure 10. Schéma du principe de classement sous ELECTRE TRI	151
Figure 11. Définition des catégories à l'aide des actions de référence	152
Figure 12. Définition de $c_j(a, b_h)$. D'après (Yu, 1992 p.14)	154
Figure 13. Définition de $c_j(b_h, a)$, d'après (Yu, 1992 p.15)	155
Figure 14. Définition de $D_j(a, b_h)$. D'après (Yu, 1992 p.18)	156
Figure 15. Définition de $D_j(b_h, a)$. D'après (Yu, 1992 p.19)	157
Figure 16. Relations entre a et b_h . D'après (Yu, 1992 p.22)	158
Figure 17. Contraintes spatiales retirées pour l'analyse des enjeux de densité et espaces libres	167
Figure 18. Territoire analysé pour la densité et les espaces libres	168
Figure 19. Schéma de la démarche : étape 1	175
Figure 20. Distribution de la taille des parcelles correspondant aux permis de construire	176
Figure 21. Analogie entre le calcul de l'écart type relatif (à gauche) et le calcul de dispersion par rapport à une valeur maximale, pour le COS	187
Figure 22. Exemple pour l'ensemble des permis de construire d'UC1 : COS en fonction de la taille des parcelles. Les traits verticaux représentent les limites de classes correspondant aux types de parcelles. En rouge, les COS maximaux	188
Figure 23. Ensemble des permis déposés sur parcelles moyennes : Dispersion en fonction de la surface, avec modélisation par régression linéaire	192
Figure 24. Schémas de disposition du bâti et du « jardin ».	201
Figure 25. Cartographie de la proportion de couverture des unités de zonage par la zone d'influence autour des équipements scolaires	206
Figure 26. Cartographie de la proportion de couverture des unités de zonage par la zone d'influence autour des transports en commun	209
Figure 27. Cartographie de la proportion de couverture des unités de zonage par la zone d'influence autour des transports en commun utilisée dans le cadre de la révision du PLU	211
Figure 28. Cartographie de la proportion de couverture des unités de zonage par les micro-centralités commerciales	214
Figure 29. Cartographie de la proportion de couverture des unités de zonage par zone d'influence autour des micro-centralités commerciales	217
Figure 30. Cartographie de la proportion de couverture des unités de zonage par zone d'influence autour des espaces et linéaires verts	221
Figure 31. Schéma de la démarche : étape 2	223
Figure 32. ACP sur les indicateurs ; avec les indicateurs d'évolution de la densité et des espaces non bâtis du POS au PLU	225
Figure 33. ACP au PLU sur les indicateurs morphologiques	226
Figure 34. Schéma de la démarche : étape 3	230
Figure 35. Évaluations multicritères ex-post réalisées	231
Figure 36. Terminologie pour l'évaluation multicritère	233
Figure 37. Exemple pour les petites parcelles - représentation des COS, des actions de référence obtenues par classes d'effectifs égaux et des classes de l'AMC pour cet indicateur	238
Figure 38. Exemple pour les petites parcelles : Distribution du COS pour l'ensemble des permis de construire du territoire	239
Figure 39. Exemple : Résultat de la discrétisation des COS des permis par les K-moyennes pour les petites parcelles	239
Figure 40. Exemple pour les petites parcelles - représentation de la dispersion relative du COS de chaque PC, et des actions de référence obtenues par la méthode des effectifs égaux	243

Figure 41. Exemple pour les petites parcelles : Distribution de la dispersion au regard du COS max (sur petites parcelles) pour l'ensemble des permis de construire du territoire	244
Figure 42. Exemple : résultat de la discrétisation des dispersions des COS par les K-moyennes pour les petites parcelles.	244
Figure 43. Étape 1 pour l'enjeu « densité »	246
Figure 44. Résultats de l'analyse sectorielle : densité (en COS) au PLU	247
Figure 45. Étape 2 pour l'enjeu « densité »	249
Figure 46. Résultats de l'analyse sectorielle : évolution du COS entre deux périodes.	250
Figure 47. Étape 3 pour l'enjeu « densité »	251
Figure 48. Résultats de l'analyse sectorielle : Dispersion de la densité au regard de la densité maximale	252
Figure 49. Étape 4 pour l'enjeu « densité »	254
Figure 50. Résultats de l'analyse multicritère globale pour l'enjeu de densité	256
Figure 51. Synthèse des résultats pour le critère « densité », en procédure pessimiste	260
Figure 52. Exemple pour les petites parcelles - représentation des CESL, des actions de référence obtenues par classes d'effectifs égaux et des classes de l'AMC	263
Figure 53. Discrétisation des CESL des permis par les K-moyennes pour les petites parcelles (3 classes).	263
Figure 54. Exemple pour les petites parcelles - représentation de la dispersion relative du CESL de chaque PC, et des actions de référence obtenues par la méthode des effectifs égaux	266
Figure 55. Exemple : petites parcelles : résultat de la discrétisation des dispersions des CESL par les K-moyennes pour les petites parcelles.	266
Figure 56. Étape 1 pour l'enjeu « espaces libres »	267
Figure 57. Résultats de l'analyse sectorielle : Proportion d'espaces libres privés (CESL) au PLU	268
Figure 58. Étape 2 pour l'enjeu « espaces libres »	269
Figure 59. Résultats de l'analyse sectorielle : Dispersion de la proportion d'espaces libres privés (CESL) au PLU au regard de la proportion maximale	269
Figure 60. Étape 3 pour l'enjeu « espaces libres »	271
Figure 61. Résultats de l'analyse multicritère globale pour l'enjeu « espaces libres »	272
Figure 62. Synthèse des résultats pour le critère « espaces libres », en procédure pessimiste	275
Figure 63. Analyse multicritère des aménités	277
Figure 64. Exemple de la distribution de l'indicateur de couverture par la zone d'influence des transports en commun, pour les unités de zonage	278
Figure 65. Résultat de la discrétisation par les K-moyennes pour la couverture par la ZI de transports en commun même critère (4 classes).	278
Figure 66. Analyse multicritère pour le critère « aménités » des unités de zonage, procédure pessimiste et méthode des intervalles constants pour les actions de référence	280
Figure 67. Analyse multicritère pour le critère « aménités » des unités de zonage, procédure optimiste et méthode des intervalles constants pour les actions de référence	281
Figure 68. Analyse multicritère pour le critère « aménités » des unités de zonage, procédure pessimiste et méthode des K-moyennes pour les actions de référence	284
Figure 69. Comparaison des 2 tests pour les aménités : avec la méthode des intervalles constants et des K-moyennes, en procédure pessimiste	285
Figure 70. Analyse multicritère globale sur les 3 enjeux	291
Figure 71. Évaluation ex-ante avec pondération équivalente sur les critères	301
Figure 72. Carte d'assemblage pour l'évaluation ex-ante n°1	303
Figure 73. Zooms sur les portions de territoire pour l'évaluation ex-ante n°1	304
Figure 74. Carte d'assemblage pour l'évaluation ex-ante n°2	310
Figure 75. Zooms sur les portions de territoire pour lesquelles on observe une différence sur le résultat des deux assignations dans le cadre ex-ante	311
Figure 76. Schéma de la démarche : étape 4	317
Figure 77. Cercle des corrélations variables – axes 1 et 2	319
Figure 78. Dendrogramme de la première CAH	320
Figure 79. Graphe de l'ACP et matérialisation des 5 classes de la première CAH	321
Figure 80. Cartographie représentant les permis de construire analysés et leurs classes	324
Figure 81. Dendrogramme de la seconde CAH	326
Figure 82. Graphe de l'ACP et matérialisation des 5 classes de la seconde CAH (5 indicateurs)	327

Liste des tableaux

Tableau 1. Exemples d'indicateurs de suivi des PLU	99
Tableau 2. Zones analysées : caractéristiques et objectifs règlementaires	169
Tableau 3. Surfaces de chaque zone règlementaires analysées pour la densité et les espaces libres	171
Tableau 4. Évolution surfacique des types de zones règlementaires pour le PLU	172
Tableau 5. Évolution surfacique des zones du POS au PLU	173
Tableau 6. Évolution surfaciques des types de zones du POS au PLU	174
Tableau 7. Résultats de l'indicateur de densité calculée au PLU	178
Tableau 8. Résultat de l'indicateur d'évolution de la densité du POS au PLU	179
Tableau 9. Évolutions règlementaires du POS au PLU pour la zone UB1	182
Tableau 10. Évolutions règlementaires du POS au PLU pour la zone UB2	183
Tableau 11. Évolutions règlementaires du POS au PLU pour la zone UA3	183
Tableau 12. Résultat de l'indicateur d'évolution de la densité en zone d'influence des transports en commun	185
Tableau 13. COS en zone d'influence des transports en commun, au POS et au PLU	186
Tableau 14. Résultat de l'indicateur de dispersion des COS au regard des COS maximaux identifiés pour chaque zone	189
Tableau 15. Résultat de l'indicateur d'opérations d'agrandissement de l'habitat	194
Tableau 16. Résultats des traitements des données préalables à la réalisation des indicateurs relatifs aux espaces libres	197
Tableau 17. Résultat de l'indicateur de CESL au PLU	198
Tableau 18. Résultat de l'indicateur d'évolution du CESL du POS au PLU	199
Tableau 19. Confrontation des résultats de CESL calculés à partir des permis de construire et du cadastre	202
Tableau 20. Résultat de l'indicateur de dispersion du CESL au regard des permis qui présentent le CESL le plus élevé, par zone	203
Tableau 21. Résultat de l'indicateur montrant la proportion surfacique de chaque zone en zone d'influence d'une école ou d'un établissement d'accueil de la petite enfance	207
Tableau 22. Résultat de l'indicateur montrant la proportion surfacique de chaque zone en zone d'influence des transports en commun	210
Tableau 23. Résultat de l'indicateur montrant la proportion surfacique de chaque zone en zone d'influence des transports en commun utilisée dans le cadre de la révision du PLU	212
Tableau 24. Résultat de l'indicateur montrant la proportion surfacique de chaque zone couverte par les micro-centralités commerciales	215
Tableau 25. Résultat de l'indicateur montrant la proportion surfacique de chaque zone couverte par la zone d'influence autour des micro-centralités commerciales	218
Tableau 26. Résultat de l'indicateur montrant la proportion surfacique de chaque zone couverte par la zone d'influence autour des espaces et linéaires verts	222
Tableau 27. Actions de référence pour les critères : COS au PLU pour chaque type de parcelle	239
Tableau 28. Actions de référence pour les indicateurs d'évolution du COS pour chaque type de parcelle	241
Tableau 29. Actions de référence pour les indicateurs de dispersion au regard de la valeur maximale de COS, par type de parcelle	244
Tableau 30. Seuils d'indifférence et de préférence pour l'analyse multicritère globale de l'enjeu « densité »	255
Tableau 31. Analyse de sensibilité sur les seuils d'indifférence et de préférence de l'enjeu « densité » : variations du ratio p/q	257
Tableau 32. Analyse de sensibilité sur les seuils d'indifférence et de préférence de l'enjeu « densité » : variations de p et q, avec le ratio p/q égal à 2	258
Tableau 33. Actions de référence pour les indicateurs : CESL au PLU pour chaque type de parcelle	264
Tableau 34. Actions de référence pour les indicateurs de dispersion au regard de la valeur maximale de CESL, par type de parcelle	266
Tableau 35. Analyse de sensibilité sur les seuils d'indifférences et de préférence de l'enjeu « espaces libres » : variations du ratio p/q	272

Tableau 36. Analyse de sensibilité sur les seuils d'indifférences et de préférence de l'enjeu « espaces libres » : variations des seuils d'indifférence et de préférence, en gardant p/q égal à 2	273
Tableau 37. Définition des actions de référence pour l'enjeu « aménités » des zones, par la méthode des K-moyennes	278
Tableau 38. Résultats de la procédure pessimiste pour l'enjeu d'aménités des zones, méthode des intervalles constants pour les actions de référence	282
Tableau 39. Résultats de la procédure pessimiste pour l'enjeu d'aménités des zones, méthode des K-moyennes pour les actions de référence	286
Tableau 40. Valeurs des actions de référence à tester pour l'analyse de robustesse ; enjeu des aménités des zones, méthode des K-moyennes	290
Tableau 41. Analyse de sensibilité sur les seuils d'indifférences et de préférence pour l'analyse sur les 3 enjeux de densité, d'espaces libres et d'aménités	295
Tableau 42. Résultats du premier test multicritère ex-ante	302
Tableau 43. Matrice de corrélation de l'ACP pour la première analyse sur les permis (CAH)	319
Tableau 44. Contributions des variables aux axes (%), pour la première analyse sur les permis (CAH)	319
Tableau 45. Résultat de la première CAH et provenance des permis affectés dans chaque type généré	321
Tableau 46. Matrice de corrélation de l'ACP, pour la seconde analyse (par CAH) réalisée sur les permis de construire	325
Tableau 47. Contributions des variables aux axes (%), pour la seconde analyse (par CAH) réalisée sur les permis de construire	326
Tableau 48. Résultat de la seconde CAH et provenance des permis affectés dans chaque type généré	327

Table des matières

Sommaire	7
Introduction générale	11
Partie 1 : La planification urbaine et son application à l'échelle communale en France : évolutions vers le système actuel et prise en compte du développement durable	15
Chapitre 1 : Effets des politiques publiques et de la planification urbaine sur l'évolution des villes Françaises	16
1. Un siècle de planification urbaine des villes, mais un développement urbain inégalement maîtrisé	16
1.1 Les évolutions de la planification urbaine en France	16
1.2 Les évolutions sociétales et les choix politiques sont à l'origine de la forme de nos villes	18
1.2.1 Années 50 et 60 : la reconstruction d'après guerre	18
1.2.2 A partir des années 60 (et après) : l'essor de la maison individuelle, de la motorisation et « l'étalement urbain »	19
1.2.3 Les années 80 : la décentralisation des pouvoirs politiques et la poursuite des évolutions morphologiques	22
2. La montée en puissance du développement durable et son impact sur les pratiques de l'urbanisme, la conduite des politiques publiques et ses outils	25
2.1 L'émergence d'un nouveau concept ?	25
2.2 Des évolutions des législations en matière d'urbanisme, d'environnement et de développement durable	26
2.3 La recherche en urbanisme pour faire des villes viables : évolution des pratiques, des acteurs... pour faire évoluer les politiques publiques	29
2.3.1 Un changement de réseau d'acteurs de la recherche en urbanisme pour créer (ou renforcer) le lien avec la politique publique	29
2.3.2 De la recherche sectorielle à l'interdisciplinarité de « l'urbanisme durable »... nouvelles pratiques et nouvelles attentes ?	32
2.4 Aujourd'hui : Tenter plutôt que faire la ville durable	34
2.4.1 Les villes comme « objets complexes » ne facilitent pas la définition ni la mise en œuvre d'un « urbanisme durable »	34
2.4.2 Un bon exemple d'enjeu qui ne fait pas consensus en recherche urbaine : la morphologie de ville idéale	36
Conclusion : société, politiques publiques et planification urbaine : Vers les enjeux et outils de planification actuels	39
Chapitre 2 : Le système de planification urbaine français actuel pour gérer les évolutions des villes	40
1. Présentation du système : articulation des outils de planification urbaine et spatiale, du spatial au local	40
1.1 Objectifs de la planification spatiale et urbaine	40
1.2 Le système de planification urbaine et ses différentes échelles	41
1.3 Enjeux consensuels de la planification spatiale et urbaine	43
1.3.1 Rappel des objectifs réglementaires	43
1.3.2 Analyse des objectifs des agglomérations françaises	45
2. La planification urbaine à l'échelle locale	48
2.1 Contenu du PLU	48
2.2 Les difficultés de la mise en œuvre locale	56
2.2.1 Difficultés à transposer l'orientation spatiale à l'échelle locale	56
2.2.2 L'orientation et la règle ne sont pas déterministes	59
2.2.3 La complexité et la normativité : de l'urbanisme réglementaire à l'urbanisme de projet	60
2.3 « Les PLU et le développement durable » : le PLU est une boîte à outils, à coordonner avec d'autres politiques publiques	63
Conclusion du chapitre 2	70

PARTIE 2 : L'évaluation en planification : pratiques internationales, européennes et le cas des PLU français

71

Chapitre 1. L'évaluation des politiques publiques et de la planification urbaine

71

1. L'évaluation de la durabilité des politiques publiques : définition et problématique(s) 71
2. Évaluation en urbanisme et en planification urbaine : évolution des pratiques et des méthodes internationales jusqu'à aujourd'hui 74
3. Zoom sur deux méthodes et outils courants d'évaluation de l'aménagement et de la planification territoriale et urbaine 77
 - 3.1 L'Évaluation environnementale stratégique 77
 - 3.2 Les indicateurs du développement durable 78
 - 3.2.1 Définition de l'indicateur, objectif, typologie(s) 78
 - 3.2.2 Les indicateurs et indices de développement durable pour les villes 81

Chapitre 2. L'évaluation des PLU : lois, objectifs, analyse des pratiques

85

1. Le dispositif européen : l'évaluation stratégique des incidences sur l'environnement de certains « plans et programmes » - Directive 2001/42/CE 85
2. Les évaluations des SCOT et PLU « de droit commun », et l'évaluation environnementale au titre de la directive 2001/42/CE 87
 - 2.1 Champ d'application de la directive plans et programmes en France 87
 - 2.2 Contenu des évaluations 88
 - 2.2.1 Contenu de l'étude environnementale « de droit commun – loi SRU » 89
 - 2.2.2 Contenu de l'évaluation environnementale « au titre de la directive 2001/42/CE » 90
 - 2.2.3 Une certaine liberté quant aux méthodes utilisées pour la réalisation des évaluations 93
 - 2.3 Analyse du dispositif de suivi des PLU exigé par l'évaluation environnementale : avantages et limites 94
- Conclusion du chapitre 2 96

Chapitre 3. Une évaluation environnementale des PLU, mais quelle évaluation réelle de l'effet de leurs règles ? Vers une évaluation des règlements complémentaire

97

1. Une évaluation de l'impact des PLU sur l'environnement nécessaire, mais un dispositif de suivi peu en lien avec la règle et le zonage 97
2. Un manque de connaissance de l'effet des règles dans leurs objectifs traditionnels : un besoin pour les rédacteurs des PLU et les habitants 103
3. Connaître les dynamiques réglementaires traditionnelles peut faciliter l'atteinte de certains des objectifs du développement durable et être un complément aux études environnementales 104
- Conclusion du chapitre 3 : perspectives d'utilisation d'une méthode d'évaluation des règlements comme outil d'aide à la décision 108

PARTIE 3 : Proposition d'une méthode complémentaire aux dispositifs de suivi des évaluations des PLU : une évaluation réglementaire appliquée à la ville de Toulouse

109

Chapitre 1. Développement d'une méthode d'évaluation du plan d'urbanisme réglementaire

109

1. Hypothèses pour le développement d'une méthode d'évaluation de l'urbanisme réglementaire 109
2. Présentation de la démarche globale et des outils : du corpus d'indicateurs à l'agrégation 111
 - 2.1 L'importance d'évaluer l'urbanisme réglementaire dans le cadre de l'urbanisme « diffus » 111
 - 2.2 Présentation générale de la démarche 112
 - 2.2.1. Historique du projet et préalables 112
 - 2.2.2. La démarche globale 114
 - 2.2.3 Des enjeux pour la planification urbaine de la ville centre de l'aire urbaine toulousaine 117
 - 2.3 Définition des enjeux (ou critères) et des indicateurs 123
 - 2.3.1 Rappel des enjeux d'urbanisme réglementaires traditionnels retenus dans le cadre de cette évaluation 123

2.3.2 Premier enjeu pour la ville centre : La densité, vecteur d'intensité urbaine	123
2.3.2.1 Les différents types de densité	123
2.3.2.2 La problématique de la densité bâtie	126
2.3.2.3 La densité dans le cadre de la cohérence « urbanisme-transport »	130
2.3.3 Deuxième enjeu pour la ville centre : le pendant de la densité, les espaces libres	132
2.3.4 Troisième enjeu pour la ville centre : les aménités des zones règlementaires	133
2.3.4.1 Écoles et établissements d'accueil de la petite enfance de chaque zone	134
2.3.4.2 Couverture des zones par un réseau de transports en commun performant	134
2.3.4.3 Couverture des zones par les espaces et linéaires verts	135
2.3.4.4 Couverture des zones par les commerces de proximité regroupés en micro-centralités commerciales	137
2.3.5 Présentation du corpus d'indicateurs	139
2.4 Méthodes d'agrégation des résultats des indicateurs	141
2.4.1 Différentes étapes pour analyser et évaluer l'effet des différentes règles sur le territoire à partir des indicateurs	141
2.4.2 Analyse multicritère pour l'évaluation des zones	143
2.4.2.1 Les principes du multicritère et les différentes méthodes d'agrégation	143
2.4.2.1.1 Les principes généraux du multicritère	143
2.4.2.1.2 Typologie des méthodes d'analyse multicritère au regard de la problématique de décision	144
2.4.2.1.3 Typologie des méthodes d'analyse multicritère au regard de la méthode d'agrégation	145
2.4.2.2 Les méthodes ELECTRE et le choix d'ELECTRE TRI	147
2.4.2.2.1 Présentation des méthodes ELECTRE	147
2.4.2.2.2 L'utilisation d'ELECTRE TRI	150
2.4.3 Utilisation des Analyses statistiques multivariées pour comparer et analyser les zones et la production bâtie	161
2.4.3.1 Comparer les résultats des zones sur plusieurs critères grâce à l'analyse en composantes principales	161
2.4.3.2 Analyse des caractéristiques du bâti et établissement de typologies grâce à la classification ascendante hiérarchique	163
Chapitre 2. Application à la ville de Toulouse	165
1. Présentation des secteurs géographiques et des zones analysées dans le cadre de cette évaluation	165
1.1 Portions de territoires effectivement analysées	165
1.2 Modifications de zonage intermédiaires et cohérence de nos indicateurs	170
2. Réalisation des indicateurs et résultats	175
2.1 Remarques quant à la méthode et aux données	175
2.2 La variable « type de parcelle » : explication de la discrétisation selon la taille des unités foncières	176
2.3 Réalisation des indicateurs relatifs à la densité	177
2.3.1 Densité bâtie, calculée sur la période du PLU	177
2.3.2 Évolution de la densité bâtie entre deux documents d'urbanisme	179
2.3.2.1 Analyse des résultats pour les zones d'habitats individuels	180
2.3.2.2 Analyse des résultats pour les zones d'accueil de logements collectifs	181
2.3.3 Évolution de la densité en zone d'influence des transports en commun	184
2.3.4 Dispersion de la densité au regard de la densité maximale bâtie	187
2.3.4.1 Méthode et résultats	187
2.3.4.2 Impact de la variable taille des parcelles sur les résultats de dispersion	190
2.3.5 Opérations d'agrandissement de l'habitat sur la période du PLU	193
2.4 Réalisation des indicateurs relatifs aux espaces libres	196
2.4.1 Traitement préalable des données et incertitudes liées aux données	196
2.4.2 Proportion d'espaces non bâtis à la parcelle, sur la période du PLU	198
2.4.3 Évolution des espaces non bâtis privés	199
2.4.3.1 Résultats de l'indicateur	199

2.4.3.2 Cohérence des résultats	202
2.4.4 Dispersion de la proportion d'espaces non bâtis au regard du permis ayant le résultat maximal	202
2.5 Réalisations des indicateurs relatifs aux aménités des zones	205
2.5.1 Proportion surfacique de chaque zone en zone d'influence d'une école ou d'un établissement d'accueil de la petite enfance	205
2.5.2 Proportion surfacique de chaque zone comprise dans la zone d'influence des transports en commun	207
2.5.2.1 Première zone d'influence des TC	208
2.5.2.2 Zone d'influence utilisée pour la révision du PLU	210
2.5.3 Proportion surfacique de chaque zone couverte par une micro-centralité commerciale	213
2.5.4 Proportion surfacique de chaque zone en zone d'influence des micro-centralités commerciales	216
2.5.5 Proportion surfacique de chaque zone en zone d'influence des parcs et linéaires verts publics	218
3. Agrégation des indicateurs	223
3.1 Comparaison et analyse des zones	223
3.2 Évaluation multicritère des zones	230
3.2.1 Évaluation multicritère ex-post	230
3.2.1.1 Les objectifs	230
3.2.1.2 Protocole d'application de la démarche multicritère ex-post	232
3.2.1.2.1 Précisions sur la terminologie : enjeux, critères, sous-critères, indicateurs, performances ?	232
3.2.1.2.2 Deux méthodes pour la définition des actions de référence	233
3.2.1.2.3 Procédure, paramètres et analyses des résultats	234
3.2.1.2.4 Analyses de robustesse	236
3.2.1.3 Évaluation multicritère pour l'enjeu de « densité »	237
3.2.1.3.1 Définition des actions de référence par effectifs égaux et K-moyennes	238
3.2.1.3.2 Analyse multicritère sectorielle : densité (en COS) des zones calculée au PLU	246
3.2.1.3.3 Analyse multicritère sectorielle : évolution du COS entre les deux périodes	249
3.2.1.3.4 Analyse multicritère sectorielle : dispersion de la densité au regard de la densité maximale bâtie (au PLU)	251
3.2.1.3.5 Analyse multicritère globale pour l'enjeu « densité »	254
3.2.1.3.6 Analyses de robustesse pour l'évaluation globale de l'enjeu	257
3.2.1.3.7 Conclusion : résultats significatifs pour la « densité »	260
3.2.1.4 Évaluation multicritère pour l'enjeu « espaces libres »	263
3.2.1.4.1 Définition des actions de référence, par effectifs égaux et K-moyennes	263
3.2.1.4.2 Analyse multicritère sectorielle : coefficient d'emprise au sol libre (CESL) au PLU	267
3.2.1.4.3 Analyse multicritère sectorielle : dispersion de la proportion d'espaces libres au regard de la proportion maximale (au PLU)	269
3.2.1.4.4 Analyse multicritère globale pour l'enjeu « espaces libres »	271
3.2.1.4.5 Analyses de robustesse pour l'évaluation globale de l'enjeu	272
3.2.1.4.6 Conclusion : résultats significatifs pour les « espaces libres »	275
3.2.1.5 Évaluation multicritère pour l'enjeu « aménités des zones »	277
3.2.1.5.1 Définition des actions de référence, par intervalles constants et K-moyennes	277
3.2.1.5.2 Résultat de l'évaluation multicritère pour l'enjeu « aménités des zones », méthode des intervalles constants	279
3.2.1.5.3 Résultat de l'évaluation multicritère pour l'enjeu « aménités des zones » avec la méthode des K-moyennes, et comparaison avec la méthode des intervalles constants	283
3.2.1.5.4 Analyses de robustesse	287
3.2.1.6 Analyse multicritère sur les trois enjeux : densité, espaces libres et aménités	291
3.2.1.6.1 Objectifs et résultats	291

3.2.1.6.2 Analyses de robustesse	294
3.2.2 Évaluation des aménités des zones pour valider des choix règlementaires concernant la densité bâtie : évaluation ex-ante de la cohérence urbanisme-transport-équipements	298
3.2.2.1 objectifs	298
3.2.2.2 Première évaluation ex-ante des propositions de changement de zonage : veto sur l'indicateur de couverture par la zone d'influence des transports en commun règlementaire, pondération équivalente des indicateurs	299
3.2.2.2.1 Description des paramètres, et résultats	299
3.2.2.2.2 Analyse de robustesse	307
3.2.2.3 Seconde évaluation ex-ante des propositions de changement de zonage : veto sur l'indicateur de couverture par la zone d'influence des transports en commun règlementaire, pondération double sur l'indicateur de couverture par la zone d'influence des transports en commun	309
3.2.2.3.1 Description des paramètres, et résultats	309
3.2.2.3.2 Analyse de robustesse	312
3.2.3 Conclusion : l'analyse multicritère, outil d'évaluation ex-post et outil d'aide à la décision prospectif pour l'urbanisme règlementaire	314
4. Changement d'échelle : à partir d'une analyse du bâti, création de typologies et recherche d'une cohérence règlementaire	317
4.1. Classification des permis de construire à partir de la surface de la parcelle, du COS, et des espaces libres	318
4.2 Classification des permis de construire à partir de la surface de la parcelle, du COS, des espaces libres et des dispersions	325
Conclusion : Bilan de l'étude des permis par Classification Ascendante Hiérarchique dans le cadre de l'évaluation règlementaire	329
Conclusion générale	331
Bibliographie	337
Annexes	353
Annexe 1. Champ d'application de la directive « plans et programmes » - Directive 2001/42/CE en France	353
Annexe 2. Contenu de l'évaluation des incidences Natura 2000	354
Annexe 3. Localisation des zones du PLU de Toulouse	356
Annexe 4. Nombre et type de permis de construire analysés pour les indicateurs de « densité bâtie », au POS et au PLU	371
Annexe 5. Influence de la taille des parcelles sur les résultats de dispersion des COS : graphiques et régressions linéaires	372
Annexe 6. Traitements préalables des données pour les indicateurs de l'enjeu « espaces libres »	378
Annexe 7. Analyses de robustesse des évaluations multicritères sectorielles	380
Annexe 8. Valeurs testées pour les analyses de sensibilité sur les actions de référence : indicateurs de l'enjeu « densité »	385
Annexe 9. Valeurs testées pour les analyses de sensibilité sur les actions de référence : indicateurs de l'enjeu « espaces libres »	388
Liste des figures	390
Liste des tableaux	392
Table des matières	394